

**Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta bezpečnostního inženýrství**  
Katedra ochrany obyvatelstva

# **Určování kritických prvků v oblasti železniční dopravy**

Disertační práce

pro získání akademického titulu „doktor“, ve zkratce „Ph.D.“

<b>Doktorand:</b>	Ing. Simona Slivková
<b>Studijní program:</b>	Požární ochrana a průmyslová bezpečnost
<b>Studijní obor:</b>	Požární ochrana a bezpečnost
<b>Školitel:</b>	doc. Ing. David Řehák, Ph.D.

**OSTRAVA 2018**



## **Anotace**

SLIVKOVÁ, Simona. *Určování kritických prvků v oblasti železniční dopravy*. [Disertační práce]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostní inženýrství, 2018. 123 s.

Disertační práce se zabývá problematikou určování kritických prvků v oblasti železniční dopravy. Práce je koncipována do tří navazujících částí. V rámci teoretické části je provedena deskripce oblasti železniční dopravy, deskripce dopravní infrastruktury a současného stavu určování prvků železniční kritické infrastruktury. Analytická část práce je zaměřena na analýzu přístupů k určování kritických prvků a analýzu oblastí pro definování kritérií určování kritických prvků v železniční dopravě.

Stěžejní částí práce je návrh systému určování kritických prvků v železniční dopravě. Navrhovaný systém je zaměřen na hodnocení kritičnosti prvků železniční infrastruktury ve třech hodnotících fázích. První fáze se zaměřuje na hodnocení kritičnosti liniových prvků, druhá fáze na hodnocení bodových prvků a poslední fáze na hodnocení plošných prvků železniční dopravy. Pro každou fázi byla stanovena sada kritérií, která jsou zaměřena zejména na hodnocení významu, výkonu, rizik, možnosti objezdu, nahraditelnosti či složitosti prvku. Výsledkem hodnocení je procentuální vyjádření kritičnosti, která je základem pro určení kritických prvků liniového, bodového a plošného charakteru.

**Klíčová slova:** železniční doprava; železniční infrastruktura; kritický prvek; určování; kritičnost; kritéria.

## Annotation

SLIVKOVÁ, Simona. *Determination of critical elements in rail transport*. [Dissertation Thesis]. Ostrava: VSB – Technical University of Ostrava, Faculty of Safety Engineering, 2018. 123 p.

Dissertation thesis is focused on problematics of determination of critical elements in the railway transportation system. Dissertation is divided into three related parts. The theoretical part obtains description of railway transportation system, description of railway infrastructure and contemporary condition for determination of the railway critical infrastructure elements. Analytical part is focused on the analysis of approaches to the determination of critical elements and on the analysis of areas for criteria definition of determination of critical elements of railway transportation system.

Crucial part of the dissertation is a proposal of system determination of critical elements in the railway transportation system. The proposed system is focused on the evaluation of criticality of elements of transport infrastructure. The evaluation process takes place in three phases. The first phase evaluates the criticality of the line elements, the second phase evaluates the criticality of the point elements and the third phase evaluates the criticality of the area elements. For each phase were determined specific criteria. Criteria are mainly focused on evaluation of the relevance, the performance, the risk assessment, the possibility of alternative, the substitutability or the complexity of an element. The result of this evaluation is the percentage expression of an element criticality. This expression is the basis for determining of critical line elements, point elements and area elements.

**Keywords:** Rail Transport; Railway Infrastructure; Critical Element; Determination; Criticality, Criteria.

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem celou disertační práci vypracovala samostatně podle pokynů školitele s použitím literatury uvedené v soupisu bibliografických citací a v souladu se Studijním řádem.

V souladu s § 47b zákona 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním celé disertační práce prostřednictvím informačního systému VŠB – TU Ostrava umožňujícího dálkový přístup.

Jsem seznámena s tím, že na mou disertační práci se vztahuje zákon 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že VŠB – TU Ostrava nezasahuje do mých autorských práv užitím mé disertační práce pro vnitřní potřebu VŠB – TU Ostrava (§ 35 odst. (3) zákona 121/2000 Sb. v platném znění).

Užiji-li disertační práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti VŠB – TU Ostrava; v tomto případě má VŠB – TU Ostrava právo požadovat ode mne úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše (§ 60 odst. (3) zákona 121/2000 Sb. v platném znění).

V Ostravě dne 9. dubna 2018

Ing. Simona Slivková



*Na tomto místě děkuji mému školiteli doc. Ing. Davidu Řehákovi, Ph.D. za ochotu i čas, za poskytnutí odborných rad a cenných připomínek k mé disertační práci. Také děkuji za spolupráci doc. Ing. Evě Sventekové, PhD., za její připomínky a praktické rady. Poděkování také patří Bc. Radimovi Pittnerovi za jeho čas pro konzultace otázek z praxe. Zároveň děkuji všem, kteří jakkoliv přispěli k tvorbě mé disertační práce.*

## Obsah

Seznam zkratk.....	9
Úvod .....	10
1 Rešerše literatury .....	12
1.1 Strategické a koncepční dokumenty .....	12
1.2 Právní úprava, technické normy a interní směrnice.....	13
1.3 Odborné literární zdroje .....	16
2 Teoretické vymezení řešené problematiky .....	21
2.1 Terminologický rámec.....	21
2.2 Deskripce oblasti železniční dopravy .....	23
2.3 Deskripce železniční infrastruktury.....	29
2.3.1 Liniové prvky .....	31
2.3.2 Bodové prvky .....	32
2.3.3 Plošné prvky.....	37
2.4 Současný stav určování prvků železniční kritické infrastruktury.....	37
2.4.1 Evropská úroveň.....	38
2.4.2 Národní úroveň .....	39
2.4.3 Regionální úroveň .....	40
2.5 Dílčí závěr .....	41
3 Cíl a omezení disertační práce .....	42
4 Metodologie disertační práce.....	44
4.1 Obecné metody.....	44
4.2 Specifické metody.....	45
5 Analýza řešené problematiky.....	47
5.1 Analýza přístupů k určování kritických prvků.....	47
5.1.1 Obecné přístupy k určování kritických prvků v systémech.....	47
5.1.2 Přístupy k určování kritických prvků v dopravě.....	53
5.2 Analýza oblastí pro definování kritérií určování kritických prvků v železniční dopravě .....	56
5.2.1 Subjekty železniční dopravy a jejich požadavky na železniční dopravu.....	57
5.2.2 Dopravní procesy a jejich požadavky na železniční dopravu .....	60
5.2.3 Infrastruktura a technické požadavky na ni kladené .....	62
5.2.4 Vazby v železniční dopravě .....	64
5.2.5 Hrozby a rizika pro železniční dopravu.....	65
5.2.6 Možné dopady výpadku železniční dopravy.....	66

5.3	Analýza metod využitelných pro určování kritických prvků.....	68
5.4	Dílčí závěr .....	70
6	Systém určování kritických prvků v železniční dopravě.....	72
6.1	Rámec systému určování kritických prvků v oblasti železniční dopravy...	73
6.2	Proces určování kritických prvků .....	74
6.3	Kritéria posuzování kritičnosti prvků .....	79
6.3.1	Fáze I: Analýza liniových prvků .....	80
6.3.2	Fáze II: Analýza bodových prvků .....	86
6.3.3	Fáze III: Analýza plošných prvků .....	92
6.4	Upravitelnost systému určování kritických prvků .....	96
6.5	Praktická verifikace systému určování kritických prvků.....	97
6.5.1	Případová studie 1: Traťový úsek Břeclav - Podivín .....	97
6.5.2	Případová studie 2: Traťový úsek Břeclav - Moravská nová ves..	101
6.5.3	Souhrn.....	104
	Závěr.....	106
	Bibliografické zdroje.....	108
	Seznam obrázků.....	119
	Seznam tabulek.....	120
	Seznam příloh.....	121
	Seznam vlastních prací autora.....	122



**Seznam zkratek**

CMP	Metoda kritické cesty (Critical Path Method)
ČD, a.s.	České dráhy, a.s.
ČR	Česká republika
ČSN	Česká technická norma
EN	Evropská norma
FMEA	Analýza způsobů a důsledků poruch (Failure Mode and Effects Analysis)
FMECA	Analýza způsobů, důsledků a kritičnosti poruch (Failure mode, Effects, and Criticality Analysis)
GSM-R	Global System for Mobile Communications – Railway
KI	Kritická infrastruktura
MCA	Multikriteriální analýza (Multi-criteria Analysis)
MD ČR	Ministerstvo dopravy České republiky
PZZ	Přejezdové zabezpečovací zařízení
RAMS	Zkratka pro bezporuchovost (Reliability), pohotovost (Availability), udržovatelnost (Maintainability) a bezpečnost (Safety)
RR	Indexové metody (Relative Ranking)
SZZ	Staniční zabezpečovací zařízení
SŽDC, s.o.	Správa železniční dopravní cesty, státní organizace
TNI	Technická normalizační informace
UIC	Mezinárodní železniční unie (International Union of Railways)

## Úvod

Infrastruktury jako takové existují již po staletí. Zhotovila je společnost za účelem usnadnění distribuce zboží a služeb, čímž se na jejich podpoře stala závislou (Fekete, 2011). Využíváním infrastruktur se však zvyšuje zranitelnost moderní společnosti. Vystávají tak otázky možného ohrožení obyvatelstva, zachování základních funkcí státu, zvyšování prevence a připravenosti, zvládnutí následků a zajišťování rychlé obnovy (Komplexní strategie, 2009).

Jednou z evropsky významných infrastruktur je infrastruktura železniční dopravy. Železniční doprava má své počátky již v první polovině 19. století. Od té doby přepravila stamiliardy cestujících a stamiliardy tun různorodého zboží. Prestiž si získala hlavně díky nízkým přepravním nákladům a příznivým možnostem pro přepravu velkoobjemových materiálů. Železniční dopravu využívá mnoho firem, které své podnikové vlečky napojily na regionální i celostátní tratě, a získaly tak jednoduchý způsob přepravy pro své podnikání.

Doprava jako samotné odvětví je také významnou podmínkou pro rozvoj ekonomiky a celé společnosti státu. Doprava ovlivňuje prakticky všechny oblasti veřejného i soukromého života a podnikatelské sféry. Jedná se o sektor finančně velmi náročný, na druhou stranu výrazně přispívající do příjmové stránky veřejných rozpočtů. Je také nutnou podmínkou pro zvyšování konkurenceschopnosti České republiky. (Dopravní politika, 2013)

Podstatou železniční dopravy je přeprava osob a nákladu s použitím železničních dopravních cest, železničních dopravních prostředků, energií a pracovních sil na železniční dráze. Jedná se o složitý systém, který musí uvažovat dopravní prostředek, přepravní médium i další organizační náležitosti (Zangani a Fuggini, 2012). Železniční doprava je také jedinečná v rozmanitosti provozních postupů, předpisů, pokynů a obchodní modelů. Podstata dopravního systému se sestává z bezpečné a rychlé přepravy zboží a osob (Striegler et al., 2012).

Nezbytnou podmínkou pro provozování dopravy je dopravní infrastruktura (Dopravní politika, 2013). Ta je v základu tvořena železničními tratěmi, výhybkami, inženýrskými stavbami a technickými zařízeními, které jsou potřebné k bezpečnému a plynulému provozu železniční dopravy (Hofreiter et al., 2013; Jáč, 2013). Pohyb na infrastruktuře je organizován složitým systémem řízení dopravy, který musí zohledňovat několik jízdných řádů na různých dopravních cestách. Své role zde sehrávají také subjekty, které např. provozují dráhu či drážní dopravu.

Doprava je jednou z oblastí, na které je život společnosti závislý. Potenciální narušení klíčových dopravních prvků by tudíž mohlo způsobit negativní dopady

na zúčastněné strany (Komínek et al., 2006). Sektor železniční dopravy je v zemích Evropské unie označován jako evropsky významný subsektor dopravní kritické infrastruktury (Směrnice 114, 2008). Avšak kromě prvků kritické infrastruktury se v infrastruktuře železniční dopravy nacházejí také prvky, které nesplňují průřezová a odvětvová kritéria (Nařízení vlády 432, 2010), ovšem pro dané území jsou klíčové nebo dokonce kritické. Z tohoto důvodu je nutné tyto prvky včas a správně identifikovat, ohodnotit a určit jako kritické, aby pro ně mohla být přijata adekvátní bezpečnostní opatření.

Pro zařazení konkrétních prvků železniční infrastruktury mezi prvky kritické, je potřeba posoudit úroveň jejich kritičnosti. Toto posuzování je možné uskutečnit na základě různých přístupů, které jsou však založeny převážně na hodnocení dílčích charakteristik (např. dopadů či významu). Současné hodnocení systémů je však stále složitější, a to primárně s ohledem na vzájemné závislosti a synergické efekty (Jönsson et al., 2007). Vytvoření komplexního systému pro určování kritických prvků železniční infrastruktury by tak přispělo ke zvýšení bezpečnosti železniční dopravy.

## 1 Rešerše literatury

Kapitola obsahuje přehled nejvýznamnějších rešerší z dané problematiky. Z důvodu přehlednosti je níže předkládaný text rozdělen do tří částí. První z nich je zaměřena na strategické a koncepční dokumenty, jež mají vliv na oblast zkoumané problematiky. Druhou část tvoří základní právní úprava, některé vybrané technické normy a interní směrnice Správy železniční dopravní cesty, státní organizace, které se vztahují k problematice krizového řízení a železniční dopravy. Třetí a poslední část předkládá odborné literární zdroje z řešené oblasti, jejichž základní myšlenky se mohou promítnout do oblasti určování kritických prvků.

### 1.1 Strategické a koncepční dokumenty

**Směrnice rady 2008/114/ES ze dne 8. prosince 2008 o určování a označování evropských kritických infrastruktur a o posouzení potřeby zvýšit jejich ochranu.**

Tato směrnice zavádí postup pro určování a označování evropských kritických infrastruktur a společný přístup členských států k posouzení potřeby zvýšit ochranu těchto infrastruktur s cílem přispět k zabezpečení ochrany obyvatel. Směrnice představuje nástroj pro určování kritických prvků na nadnárodní úrovni.

**Komplexní strategie České republiky k řešení problematiky kritické infrastruktury. Praha: Ministerstvo vnitra - Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky. 2009. 11 s.**

Vychází z výsledků posouzení situace v oblasti řešení problematiky ochrany kritické infrastruktury v České republice a ve světě. Strategie popisuje rámec řešení kritické infrastruktury v rámci Evropské unie a Severoatlantické aliance. Řešení problematiky kritické infrastruktury je spatřováno ve vzdělávání cílových skupin v oblasti ochrany kritické infrastruktury. Základním principem řešení problematiky kritické infrastruktury je podle strategie zajištění fungování klíčových a strategických infrastruktur s cílem zabezpečit ochranu obyvatelstva.

**Národní program ochrany kritické infrastruktury. Praha: Ministerstvo vnitra - Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky. 2009. 8 s.**

Cílem Národního programu ochrany kritické infrastruktury je rozpracování obecných záměrů nastíněných v Komplexní strategii k řešení problematiky kritické infrastruktury do konkretizovaných postupů určených příslušným nositelům úkolů. Zahrnuje okruhy řešení problematiky kritické infrastruktury jako stanovení zásad určování prvků kritické infrastruktury, provedení legislativních úprav ve vazbě na právní předpisy České republiky v oblasti bezpečnosti a další okruhy týkající se

kritické infrastruktury. Jedním z prvních okruhů řešení je stanovení zásad určování prvků kritické infrastruktury.

## 1.2 Právní úprava, technické normy a interní směrnice

### **Zákon č. 240 ze dne 28. června 2000 o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), ve znění pozdějších předpisů.**

Zákon definuje základní pojmy v oblasti kritické infrastruktury. Především se jedná o pojmy kritická infrastruktura, evropská kritická infrastruktura, prvek kritické infrastruktury, subjekt kritické infrastruktury, ochrana kritické infrastruktury, průřezová a odvětvová kritéria. Tento zákon lze považovat za legislativní základ problematiky ochrany kritické infrastruktury.

### **Nařízení vlády č. 432 ze dne 22. prosince 2010 o kritériích pro určení prvku kritické infrastruktury, ve znění pozdějších předpisů.**

Nařízení vlády definuje průřezová a odvětvová kritéria pro určování prvků kritické infrastruktury. V rámci odvětvových kritérií se v sektoru železniční dopravy určují jako prvky kritické infrastruktury dráhy celostátní, včetně jejich strukturálních součástí, pokud pro ně neexistují adekvátní odklonové trasy a systém správy a organizace řízení železničního provozu. Tento předpis je třeba respektovat při vytváření kritérií pro určování kritických prvků železniční dopravy.

### **Směrnice Evropského parlamentu a rady č. 49 ze dne 29. dubna 2004 o bezpečnosti železnic Společenství a o změně směrnice Rady 95/18/ES o vydávání licencí železničním podnikům a směrnice 2001/14/ES o přidělování kapacity železniční infrastruktury, zpoplatnění železniční infrastruktury a o vydávání osvědčení o bezpečnosti (Směrnice o bezpečnosti železnic).**

Směrnice se zaměřuje na úroveň bezpečnosti železničního systému Společenství. Vztahuje se na železniční systém v členských státech, jeho rozvoj a zajišťování bezpečnosti železnic. Definuje společné bezpečnostní ukazatele, bezpečnostní metody a cíle. Klade důraz také na harmonizaci bezpečnostních předpisů, osvědčení o bezpečnosti železničních podniků, úkolů a úloh bezpečnostních orgánů a vyšetřování nehod a mimořádných událostí.

### **Zákon č. 266 ze dne 14. prosince 1994 o dráhách, ve znění pozdějších předpisů.**

Tento zákon je považován za základní legislativní pilíř pro celou oblast drážní dopravy a tedy i pro podoblast železniční dopravy. Upravuje například podmínky pro stavbu železničních drah, pro stavby dráhy i pro stavby na dráze či možnosti dalších staveb. Stanovuje základní požadavky na provozování dráhy a na provozování drážní dopravy. Dále tento zákon definuje také práva a povinnosti zainteresovaných či jinak podílejících se osob a dalších subjektů na drážní dopravě. Určuje působnost

státní správy a státního dozoru v oblasti železničních drah. V úvodu zákona lze nalézt také základní terminologii z oblasti dopravy a z oblasti drah.

**Vyhláška Ministerstva dopravy České republiky č. 173 ze dne 22. června 1995, kterou se vydává dopravní řád drah, ve znění pozdějších předpisů.**

Vyhláška upravuje pravidla pro provozování dráhy podle jejího zařazení, zabezpečení drah a jejich obsluhu, pravidla pro organizování drážní dopravy podle druhu dráhy a požadavky na jízdní řády jednotlivých drah. Vyhláška také vykládá některé pojmy, které se vztahují k dopravnímu provozu na dráhách.

**Vyhláška Ministerstva dopravy České republiky č. 177 ze dne 30. června 1995, kterou se vydává technický a stavební řád drah, ve znění pozdějších předpisů.**

Vyhláška stanovuje technické podmínky členění železničních drah, způsob jejich označování, zabezpečení a technický stav drah. Dále definuje rozsah a podmínky technických zkoušek. Vyhláška také vykládá některé pojmy, které se vztahují k dráhám celostátním, regionálním a vlečkám.

**Vyhláška č. 376 ze dne 17. června 2006 o systému bezpečnosti provozování dráhy a drážní dopravy a postupech při vzniku mimořádných událostí na dráhách, ve znění pozdějších předpisů.**

Definuje základní prvky systému zajišťování bezpečnosti provozování dráhy a drážní dopravy, postup při vzniku mimořádných událostí na železnici, způsob jejich ohlašování, základní opatření v místě nehody a způsob šetření událostí.

**ČSN 34 2650 ed. 2. Železniční zabezpečovací zařízení - Přejezdová zabezpečovací zařízení. Český normalizační institut. 2010. 68 s.**

Vybraná norma představuje jednu z mnoha technických norem, které se zabývají zařízeními, která jsou potřebná pro provozování dráhy či drážní dopravy. Konkrétně je tato norma zaměřena na přejezdová zabezpečovací zařízení a jejich technické požadavky na provoz, obsluhu a údržbu těchto zařízení. Je platná pro zařízení používaná na celostátních, regionálních dráhách a vlečkách pro zajištění bezpečnosti a řízení dopravy drážních a silničních vozidel a chodců na přejezdech.

**ČSN EN 50126. Drážní zařízení – Stanovení a prokázání bezporuchovosti, pohotovosti, udržitelnosti a bezpečnosti (RAMS). Český normalizační institut. 2001. 72 s.**

Tato norma je překladem evropské normy pro řešení přístupu k managementu bezporuchovosti, pohotovosti, udržitelnosti a bezpečnosti (tzv. zkratka RAMS) pro provozovatele dráhy a drážní dopravy. Primárně definuje procesy pro specifikaci a prokázání požadavků na bezporuchovost, pohotovost, udržitelnost a bezpečnost ve všech etapách životního cyklu uživatele.

**ČSN EN 50128. Drážní zařízení – Sdělovací a zabezpečovací systémy a systémy zpracování dat – Software pro drážní řídicí a ochranné systémy. Český normalizační institut. 2003. 98 s.**

Následující norma je úzce spjata s normou představenou výše (ČSN EN 50126) a také s normou představenou níže (ČSN EN 50129). Tato evropská norma stanovuje techniky a opatření pro 5 úrovní integrity bezpečnosti softwaru, přičemž čtyři z těchto úrovní (mimo nejnižší) souvisejí s bezpečností. Podle požadavků z norem ČSN EN 50126 a ČSN EN 50129 se pak stanovují další nutná opatření.

**ČSN EN 50129. Drážní zařízení – Sdělovací a zabezpečovací systémy a systémy zpracování dat – Elektronické zabezpečovací systémy. Český normalizační institut. 2003. 104 s.**

Další z řady souvisejících norem z železniční oblasti stanovuje požadavky na uznání a schválení elektronických systémů vztahujících se k bezpečnosti v oboru drážní zabezpečovací techniky. Elektronické systémy vztahující se k bezpečnosti pro zabezpečovací techniku zahrnují stránku hardwaru i softwaru. V této normě jsou stanoveny požadavky na hardware vztahující se k bezpečnosti a na celkový systém.

**Bezpečnostní řád Správy železniční dopravní cesty, státní organizace. Praha: Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, odbor krizového řízení, 2013. 23 s. Č. j.: S 20058/2013 - OKŘ.**

Bezpečnostní řád definuje cíle, principy, oblasti a odpovědnost za řízení a realizaci bezpečnostní politiky Správy železniční dopravní cesty, státní organizace. K těmto účelům jsou definovány úkoly bezpečnostní politiky a úkoly zaměstnanců, podmínky pro bezpečné provozování dráhy a drážní dopravy, úkoly krizového řízení a úkoly ochrany kritických infrastruktur.

**Směrnice SŽDC č. 59 pro zpracování Plánu krizové připravenosti subjektu kritické infrastruktury. Praha: Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, odbor bezpečnosti, 2012. 12 s. Č. j.: S 13269/2012 – BEZ.**

Směrnice stanovuje způsob zpracování plánu krizové připravenosti subjektu kritické infrastruktury a podmínky aktualizace tohoto plánu pro konkrétní podmínky Správy železniční dopravní cesty, státní organizace. Tato směrnice respektuje a dodržuje ustanovení krizového zákona.

**Dopravní a návěstní předpis D1. Praha: Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, odbor základního řízení provozu, 2013. 368 s. Č. j.: 55738/2012-OZŘP**

Dopravní a návěstní předpis je základním vnitřním předpisem pro provozování dráhy Správy železniční dopravní cesty, státní organizace. Předpis obsahuje vnitrostátní bezpečnostní předpisy ve smyslu legislativy Evropské unie pro provozování dráhy a organizování drážní dopravy na dráhách, na kterých je provozovatelem dráhy

Správa železniční dopravní cesty, státní organizace. Jednotlivá ustanovení tohoto předpisu jsou odvozena od Dopravního řádu drah a jsou doplněna o další vnitřní pokyny k zajištění všech činností při provozování dráhy a organizování drážní dopravy. Předpis také stanovuje vzájemné povinnosti zaměstnanců provozovatele dráhy a drážní dopravy. V souladu s předpisem musí být všechny ostatní vnitřní předpisy Správy železniční dopravní cesty, státní organizace, které se dotýkají provozování dráhy a organizování drážní dopravy.

**Předpis pro organizování a provozování drážní dopravy D2. Praha: Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, 1997. Ve znění platných změn. 356 s. Č. j.: 55079/97-011**

Tento předpis obsahuje základní ustanovení pro výkon dopravní služby na dráhách, která jsou v provozu Správy železniční dopravní cesty. Jednotlivá ustanovení jsou odvozena od pravidel pro provozování dráhy podle Dopravního řádu drah a doplněna o další vnitřní pokyny k zajištění činnosti při provozování dráhy a drážní dopravy. Předpis je základem pro provozování dráhy a drážní dopravy a musí s ním být v souladu všechny ostatní vnitřní předpisy a normy, které se dotýkají organizování drážní dopravy.

### 1.3 Odborné literární zdroje

**TAYLOR, M.A.P., D'ESTE, G.M. Concepts of network vulnerability and applications to the identification of critical elements of transport infrastructure. In 26th Australasian Transport Research Forum, Wellington, New Zealand, 2003. 15 p.**

Tento článek se zaměřuje na výzkum v oblasti spolehlivosti sítě a vývojem technik pro identifikaci konkrétních "slabých míst" v síti kritické infrastruktury, kde by selhání některé části dopravní infrastruktury mohlo mít dopad na celkový výkon systému. Celý přístup je prováděn s ohledem na zranitelnost a spolehlivost dopravní infrastruktury.

**EGAN, M.J. Anticipating Future Vulnerability: Defining Characteristics of Increasingly Critical Infrastructure-like Systems. Journal of Contingencies and Crisis Management. 2007, Vol. 15, No. 1, pp. 4-17. DOI: 10.1111/j.1468-5973.2007.00500.x.**

Tento článek zkoumá charakteristiky nových technologií a služeb, které se stávají součástí kritické infrastruktury. Součástí článku je také snaha systematicky definovat vlastnost zvanou "kritičnost" a pro potřeby ochrany lépe předvídat, jaké typy zranitelností tyto nové technologie nebo služby vytvářejí.



**FEKETE, A. Common Criteria for the Assessment of Critical Infrastructures. Bonn: Federal Office of Civil Protection and Disaster Assistance, 2011. 10 p.**

Text přináší informace o projektu Spolkového úřadu, který má za cíl rozvoj obecných kritérií pro identifikaci a hodnocení infrastruktur považovaných za "kritické" pro společnost. Pro hodnocení kritičnosti byly popsány tři základní charakteristiky: kritérium rozsahu, kritérium času a kritérium kvality. Pro hodnocení kritičnosti je zásadní překročení jedné z hranic výše zmiňovaných kritérií.

**THEOHARIDOU, M., KOTZANIKOLAOU, P., GRITZALIS, D. Risk-Based Criticality Analysis. In International Conference on Critical Infrastructure Protection in Critical Infrastructure Protection III. Hanover: Third Annual IFIP (International Federation for Information Processing), 2009. 15 p.**

Výstupem zdroje je analýza vztahů mezi rizikem a kritičností a některé podobnosti a rozdíly z hlediska rozsahu, cílů, dopadů, hrozeb a zranitelnosti infrastruktur. Zároveň byla navržena metodika analýzy kritičnosti na základě analýzy rizik. Důraz je zde kladen na typy dopadů a to buď na společnost, nebo na sektor. Pro zkoumání kritičnosti se využívá systém hodnocení tří kritérií, a to: prostor, závažnost či intenzita a čas.

**NOVOTNY, P., MARKUCI, J., TITKO, M., SLIVKOVA, S., REHAK, D. Practical application of a model for assessing the criticality of railway infrastructure elements. Transactions of the VSB-TUO, Safety Engineering Series, Ostrava, 2015, Vol. 10, No. 2, pp. 26-32. ISSN 1805-3238. DOI: 10.1515/tvsbses-2015-0010.**

Navrhovaný model posuzování kritičnosti prvků železniční dopravní infrastruktury využívá systémového přístupu a multikriteriální semikvantitativní analýzy s váženými kritérii pro výpočet míry kritičnosti jednotlivých prvků železniční infrastruktury.

**DVOŘÁK, Z., JASENOVEC, J., PETROVIČ, P. Niektoré aspekty kritickosti kritickéj infraštruktúry v sektore doprava. In: 17. medzinárodná vedecká konferencia Riešenie krízových situácií v špecifickom prostredí, Fakulta špeciálneho inžinierstva ŽU, Žilina, 2012, pp. 93-99.**

Článek se zabývá úvahou autorů nad otázkami kritičnosti dopravní infrastruktury ve vztahu ke kritické dopravní infrastruktuře. Autoři publikovali některé nové pohledy na uvedenou problematiku s využitím nejlepších přístupů ze zahraničí.

**FUCHS, P. Hodnocení kritičnosti národní infrastruktury. Praha: Materiály z 28. setkání odborné skupiny pro spolehlivost, 2007. 47 s.**

Prezentuje hodnocení kritičnosti infrastruktury s využitím semikvantitativního přístupu a využívá tzv. matici kritičnosti. Tato matice umožňuje ocenění závažnosti ztráty funkce segmentu v závislosti na čase formou expertního odhadu. Na základě

tohoto postupu pak lze ocenit důležitost jednotlivých segmentů infrastruktury z různých hledisek.

**FUCHS P., et al. Dopravní infrastruktura jako prvek kritické infrastruktury státu: hodnocení kritičnosti v ČR. Košice: Multiprint, s.r.o. Košice, 2011. 122 p. ISBN 978-80-89282-56-2.**

Kniha je rozdělena do několika stěžejních částí. V první části je pro pochopení problematiky vysvětlen pojem kritická infrastruktura, včetně zásad ochrany a obrany kritické infrastruktury. V další kapitole je popsán pojem riziko a požadavky a podmínky při posuzování kritičnosti, což je východiskem pro další kapitolu, a to východiska navržených metodik.

**ŠENOVSKÝ, M., ADAMEC, V., ŠENOVSKÝ, P. 2007. Ochrana kritické infrastruktury. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. 141 s. ISBN 978-80-7385-025-8.**

Publikace přináší dostupné informace z oblasti ochrany životně důležité infrastruktury (kritické infrastruktury). Publikace obsahuje rovněž teoretické pasáže věnované základním principům ochrany kritické infrastruktury, stanovení kritických prvků v provozovaných systémech a možné směry k eliminaci napětí v posuzovaných systémech.

**BECHEROVA, O., HOSKOVA-MAYEROVA, S. Rail infrastructure as a part of critical infrastructure. In Čepin and Briš (Eds). Safety and Reliability – Theory and Application (ESREL), 2017, pp. 1615-1619. ISBN 978-1-138-62937-0.**

Práce se zabývá situací v kritické infrastrukturu České republiky, zejména železniční infrastrukturou. Autorky zde vyznačují důležitost kritické infrastruktury, jejích součástí, potřeby celkové bezpečnosti systému a současnou situaci z hlediska bezpečnosti a ochrany. Závěrečná část textu pojednává o činnostech a opatřeních přijatých po nežádoucím incidentu.

**ŘÍHA, Z., DVOŘÁK, Z. Teoretický aparát na určování prvků kritické infrastruktury v sektoru doprava. In: Silnice Železnice, 2013. 10 s. ISSN 1803-8441.**

Článek stručně předkládá právní rámec kritické infrastruktury v rámci České republiky a Evropské unie a určování prvků kritické infrastruktury v dopravním sektoru. Na tuto část navazuje výběr a zařazení prvků mezi prvky kritické infrastruktury. Jsou zde uvedeny všechny etapy posuzování a jejich příslušná kritéria. V první etapě se jedná o často užívaná kritéria rozsahu, závažnosti a času. Dále jsou aplikovány průřezová a odvětvová kritéria.

**RINALDI, S.M., PEERENBOOM, J.P., KELLY, T.K. Identifying, understanding and analyzing critical infrastructure dependencies. IEEE Control Systems Magazine, 2001, pp. 11-25. ISSN 1066-033X. DOI: 10.1109/37.969131**

Článek pojednává o kritické infrastruktuře se zaměřením na její vzájemné závislosti. Autoři se věnují definování infrastruktury a nahlíží na ni jako na komplexní adaptivní systém, který je ovlivňován svými závislostmi i vzájemnými závislostmi. Vzájemné závislosti dále člení na fyzické, kybernetické, geografické a logické. Poukazuje na možné typy poruch a možné výzvy při modelování a simulaci.

**ŠIMÁK, L. et al. Ochrana kritické infrastruktury v sektore dopravy. Žilina: Žilinská univerzita v Žilině/EDIS – vydavatelstvo ŽU, 2012. 1. vyd. 182 s. ISBN 978-80-554-0625-1.**

Publikace přináší základní pohled na oblast kritické infrastruktury a také jejího právního základu s ohledem na úkoly jednotlivých subjektů. Následně se autoři zaměřili na teoretický aparát pro určování prvků kritické infrastruktury v sektoru dopravy. Publikace také poskytuje základní náhled do problematiky managementu rizik a do oblasti všeobecných zásad ochrany kritické infrastruktury v sektoru dopravy.

**DVOŘÁK, Z., ENGLISH, J., HRŮZA, P., KASAL, R., KOPČÁK, P. Metodika krizového řízení KISDIS. Certifikováno Správou železniční dopravní cesty, státní organizace. Praha: Anakan, s.r.o., 2016. 100 s.**

Metodika obsahuje postupy jak pro přípravu na řešení krizových situací, tedy pro oblast plánování, tak postupy pro zvládání řešení krizových situací a to s využitím automatizované výměny dat mezi řídicími informačními systémy.

**SOUŠEK, R. a kolektiv. Doprava a krizový management. Pardubice: Institut Jana Pernera, o.p.s., 2010. 260 s. ISBN 978-80-86530-64-2.**

Publikace představuje oblast krizového řízení z pohledu dopravního systému. Zabývá se oblastmi krizového řízení, krizového plánování, posuzováním rizik v kritické dopravní infrastruktuře a také dopravou za krizových stavů.

**DVOŘÁK, Z., SOUČEK, R., SVENTEKOVÁ, E., LEITNER, B., ČIŽLÁK, M. Riadenie rizík v železničnej doprave. Pardubice: Institut Jana Pernera, o.p.s., 2010. 286 s. ISBN 978-80-86530-71-0.**

Publikace obsahuje vysvětlení aktuálního pohledu na problematiku rizik a možných ohrožení pro železniční dopravu se zaměřením na řízení rizik a metody posuzování, hodnocení či snižování rizik. Zkoumaná problematika rizik v dopravě je podle autorů základním zájmem bezpečné a udržitelné veřejné dopravy.

**RESTEL, F.J. The Markov reliability and safety model of the railway transportation system. In: Safety and Reliability: Methodology and Applications – Nowakowski et al. (Eds). 2015. Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-1-138-02681-0.**

V této práci se autor zaměřuje na modelování spolehlivosti a bezpečnosti železničního dopravního systému. Práce začíná úvodem souvisejícím s přezkoumáním literatury o železničním dopravním systému, spolehlivosti a bezpečnostním modelováním. Dále se práce zabývá myšlenkou použitelnosti Markovova modelu pro řešení problémů reálného systému a souhrnem s vyhlídkami na další výzkum.

**HOFREITER, L. et al. Ochrana objektov kritickej dopravnej infraštruktúry. Žilina: Žilinská univerzita v Žilíně/EDIS – vydavateľstvo ŽU, 2013. 1. vyd. 238 s. ISBN 978-80-554-0803-3.**

Publikace přináší základní pohled na pojem ochrana a bližší upřesnění objektů kritické infrastruktury v sektoru dopravy. Následně se autoři zaměřili na organizační a technické možnosti a požadavky na zajištění ochrany objektů kritické infrastruktury použitím různých prvků ochrany. Publikace také poskytuje základní metodický návod na ohodnocení efektivnosti systému ochrany objektů kritické infrastruktury a možnosti zvýšení této efektivnosti.

**CHUDÁČEK, J. et al. Železniční zabezpečovací technika. 2. přeprac. a doplň. vyd. Praha: VÚŽ, 2005. 145 s.**

Publikace klade důraz na základní informace o principech železniční zabezpečovací techniky, uplatňovaných zejména při použití novějších technologií. Je zaměřena především na otázky technické bezpečnosti.

## 2 Teoretické vymezení řešené problematiky

Oblast železniční dopravy je specifickou oblastí, která zahrnuje několik speciálních termínů a definic. Z tohoto důvodu je na začátku této kapitoly zařazen terminologický rámec, který obsahuje výklad pojmů jak z oblasti kritických prvků, tak i z oblasti železniční dopravy. Terminologický rámec je následně doplněn základní deskripcí železniční dopravy. Blíže se kapitola také věnuje železniční infrastruktuře, kterou dělí do tří skupin, a to na liniové, bodové a plošné prvky. Neméně důležitou částí kapitoly je také pohled na současný stav řešené problematiky v dané oblasti.

### 2.1 Terminologický rámec

Oblast kritické infrastruktury i kritických prvků je determinována řadou pojmů, které je nutno, pro možnost jasného chápání následujících textů, jednoznačně definovat. Systém železniční dopravy má také specifickou terminologii, a to primárně z pohledu jednotlivých drážních komponent, infrastrukturních staveb a bezpečnostních požadavků na systém železniční dopravy.

Termín **infrastruktura** je složen z latinských výrazů *infra* (pod, dole, níže) a *structura* (složení, konstrukce, stavba). Představuje v obecném smyslu slova množinu objektů (prvků), které jsou strukturované, navzájem propojené a poskytují určitému celku, např. území, rámcovou podporu (Šenovský et al., 2007). Pojem infrastruktura se používá zejména pro struktury, které jsou vytvořené uměle. Tinbergen (1962) dále rozlišuje infrastrukturu (například silnice) a tzv. super-strukturu (výrobní, zemědělská a těžební činnost), k těmto pojmům však neuvádí přesné definice.

Stavební zákon definuje tzv. **veřejnou infrastrukturu** jako pozemky, stavby, zařízení, s rozdělením (Zákon 183, 2006):

- dopravní infrastruktura (stavby pozemních komunikací);
- technická infrastruktura (vedení a stavby a s nimi provozně související zařízení technického vybavení);
- občanské vybavení (stavby, zařízení a pozemky sloužící například pro vzdělávání a výchovu);
- veřejné prostranství zřizované nebo užívané ve veřejném zájmu.

Přídavným jménem „**kritický**“ je označován takový sektor infrastruktury, při jehož narušení vznikají závažné dopady na obyvatelstvo (Šenovský et al., 2007). Jednotlivé prvky **kritické** - životně důležité neboli klíčové/zásadní/strategické - infrastruktury průřezově pronikají všemi činnostmi hospodářského života státu (Komplexní strategie, 2009). Robinson et al. (1998) označují za **kritický prvek** část/prvek/uzel/element systému, který je důležitý pro chod systému a jehož

nefunkčnost by měla závažné dopady na sledovaný systém. Správa železniční dopravní cesty a některé zahraniční zdroje využívají také pojem „kritické místo“. Pro potřeby této práce bude primárně využíván termín „kritický prvek“.

Kritické prvky definuje vlastnost zvaná **kritičnost**. Ta formuluje relativní míru důležitosti daného prvku infrastruktury, vyjadřující převážně pravděpodobnost a míru dopadů jeho narušení nebo funkčního selhání (**Nationale Strategie, 2009; Šenovský et al., 2007**).

**Kritická infrastruktura** je definována podle krizového zákona (**Zákon 240, 2000**) jako prvek kritické infrastruktury nebo soubor prvků, jehož narušení funkce by mělo závažný dopad na bezpečnost státu, zabezpečení základních životních potřeb obyvatelstva, zdraví osob nebo ekonomiku státu. **Prvkem kritické infrastruktury** je zejména stavba, zařízení, prostředek nebo veřejná infrastruktura, určené podle průřezových a odvětvových kritérií. Provozovatel prvku kritické infrastruktury je pak označován jako **subjekt kritické infrastruktury**.

Za **evropskou kritickou infrastrukturu** je považována kritická infrastruktura na území České republiky, jejíž narušení by mělo závažný dopad i na další členský stát Evropské unie. (**Zákon 240, 2000**)

**Regionální kritická infrastruktura** představuje souhrnný pojem pro úroveň kritické infrastruktury definované v Konceptu ochrany obyvatelstva do roku 2013 s výhledem do roku 2020 (**Koncepce, 2008**), který zahrnuje zmíněné úrovně krajské a místní, a to v kontextu územního členění České republiky. (**Novotný, 2017**)

**Hrozbu** definuje terminologický slovník (**2016**) jako přírodní nebo člověkem podmíněný proces představující schopnost zdroje hrozby být aktivován a způsobit škodu. Tento potenciál může být spuštěn záměrně nebo náhodně. Hrozba také bývá označována jako zdroj rizika. Za **riziko** stejný slovník považuje možnost, že s určitou pravděpodobností vznikne událost, kterou lze z bezpečnostního hlediska považovat za nežádoucí. Mírou rizika je tedy pravděpodobnost škodlivých následků vyplývajících z hrozby.

V rámci **posuzování rizik** je dle normy TNI 01 0350 (**2010**) a dle české technické normy (**ČSN ISO 31000, 2010**) definován celkový proces **identifikace rizik** (proces hledání, rozpoznávání a popisování rizik), **analýzy rizik** (proces pochopení povahy rizika a stanovení úrovně rizika) a **hodnocení rizik** (proces porovnání výsledků analýzy rizik s kritérii rizik k určení, zda riziko a/nebo jeho velikost je přijatelná nebo tolerovatelná).

**Mimořádnou událostí** lze definovat jako škodlivé působení sil a jevů vyvolaných činnostmi člověka, přírodními vlivy, a také havárie, které ohrožují život, zdraví, majetek nebo životní prostředí a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací (**Zákon**

239, 2000). Mimořádná událost, narušení kritické infrastruktury nebo jiné nebezpečí, při nichž je vyhlášen stav nebezpečí, nouzový stav nebo stav ohrožení státu pak definují **krizovou situaci** (Zákon 240, 2000).

Pojmem **doprava** je nazýván pracovní neboli technologický proces, při němž dochází k pohybu dopravních prostředků po dopravní cestě. Jedná se o cílevědomou a organizovanou činnost, která zabezpečuje přemístění osob a nákladu. Doprava je také činnost dopravních zařízení, kterými se určuje přeprava. (Kochánek, 2012; Vidriková et al., 2010)

**Dopravní infrastruktura** představuje souhrn dopravních cest, staveb a zařízení jednotlivých oblastí dopravy na daném území (Vidriková et al., 2010). Souhrn železničních dopravních cest, železničních staveb a zařízení jednotlivých drah pak tvoří **železniční dopravní infrastrukturu**.

## 2.2 Deskripce oblasti železniční dopravy

**Doprava** a obecně dopravní systémy jsou základní podmínkou pro fungování hospodářství a rozvoj ekonomiky a celé společnosti státu. Úkolem dopravy jako takové je promyšlený pohyb zboží a cestujících z jednoho místa na druhé. Význam dopravních systémů se zvyšuje s rostoucí mobilitou obyvatelstva a také rozvojem ekonomiky. Nejčastěji je spolehlivý a funkční dopravní systém charakterizován například (Restel, 2015):

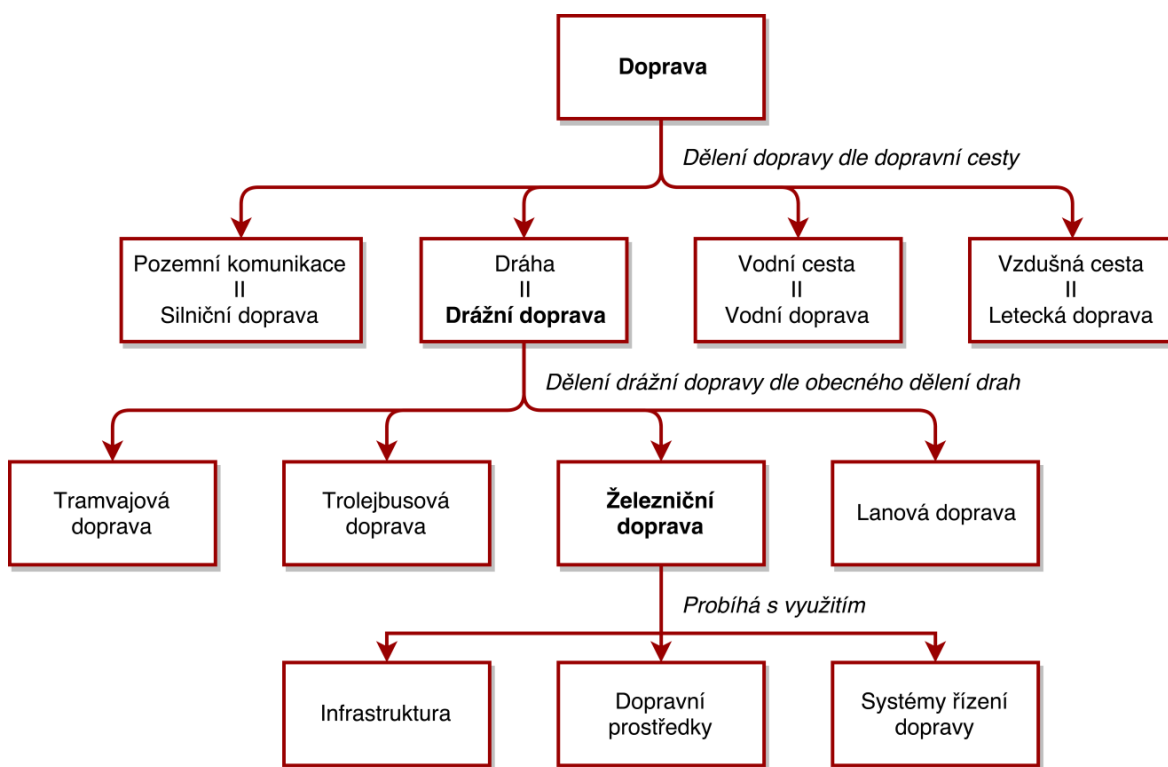
- dostupností vhodných (plánovaných) produktů v dopravní nabídce;
- správným počtem provedených přepravních úkonů;
- adekvátností přepravní kapacity;
- správnou kvalitou provedených přepravních úkonů (např. bezpečnost cestujících i nákladu);
- správností místa určení (včetně přepravních cest a vytvořených sítí);
- přiměřenou dobou realizace;
- odpovídající cenou.

Priority a cíle dopravní politiky České republiky jsou definovány v dokumentu Dopravní politika ČR pro období 2014 – 2020 s výhledem do roku 2050 (Dopravní politika, 2013). Jedná se o vrcholový strategický dokument Vlády ČR pro sektor dopravy, ve kterém jsou identifikovány střednědobé a dlouhodobé vize, cíle a priority dopravního systému. Dokument také identifikuje hlavní problémy sektoru a navrhuje opatření na jejich řešení.

Doprava je činnost dopravních zařízení, kterými se zabezpečuje přeprava. **Přepravou** se pak rozumí souhrn činností, kterými se přímo uskutečňuje přemísťování osob, zvířat nebo věci dopravními prostředky. Jedná se o spotřební proces, při němž

dochází k přemísťování nákladu či osob z jednoho místa do jiného po dopravních cestách a za účelem zisku. Přepravu prakticky produkuje doprava. (Kochánek, 2012). Z hlediska železniční oblasti přeprava zohledňuje i nutnost zastávek vlakové soupravy, výstup a nástup cestujících, činnosti překládky, nakládky a vykládky a také dobu uložení nákladu ve vozech, cisternách i kontejnerech (Směrnice SŽDC 112, 2014). Přeprava se uskutečňuje **dopravními prostředky** (Vidriková et al., 2010).

Podle kapacity dopravních prostředků lze dopravu rozdělit na individuální (například motocykl, osobní automobil) a hromadnou (například autobus, tramvaj, vlak, dopravní letadlo). Podle veřejné přístupnosti lze rozlišit dopravu neveřejnou (soukromé dopravní prostředky) a veřejnou (hromadná veřejná doprava). Další možné dělení dopravy je uvedeno na obrázku 1.



Obrázek 1: Schéma základního dělení dopravy

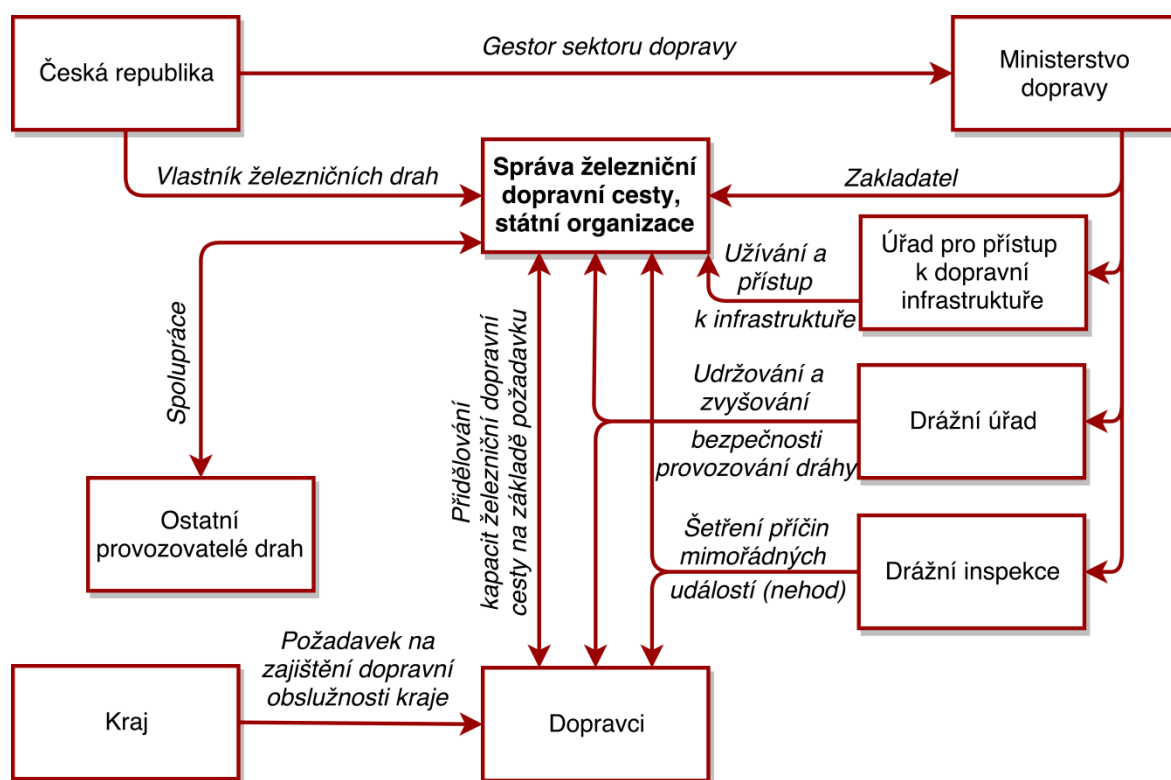
V základu lze dopravu rozdělit také dle využitých dopravních prostředků a dopravní cesty na pozemní, leteckou a vodní dopravu. V rámci pozemní dopravy hraje nejvýznamnější roli silniční (po pozemních komunikacích) a drážní doprava (železniční, tramvajová, lanová či speciální). Podstatou železniční dopravy je služba přepravy osob a nákladu s použitím železniční infrastruktury, železničních dopravních prostředků pod dohledem systémů pro řízení dopravy. (Zákon 266, 1994; Hofreiter et al., 2013)



Doprava je uskutečňována po **dopravní cestě**. Tou je prostor určený anebo vymezený pro dopravu, např. pozemní komunikace, dráhy, vodní plochy, vzdušné prostory. Jedná se o cesty, po kterých se uskutečňuje pohyb dopravních prostředků (Vidriková et al., 2010). Dopravní cestou po železniční dráze (tedy **železniční dopravní cestou**) mohou být celostátní dráhy, dráhy regionální nebo vlečky v majetku státu, se kterými hospodaří a jejichž provoz řídí Správa železniční dopravní cesty, státní organizace (Směrnice SŽDC 103, 2013).

Podle zákona o dráhách (Zákon 266, 1994) je **dráhou** cesta určená k pohybu drážních vozidel včetně pevných zařízení potřebných pro zajištění bezpečnosti a plynulosti drážní dopravy. Činnosti, kterými se zabezpečuje a obsluhuje dráha a organizuje drážní doprava, jsou podle dopravního a návěstního předpisu (2013) považovány za **provozování dráhy**, kdy tyto činnosti provádí **provozovatel dráhy**.

Na území České republiky je nejvýznamnějším provozovatelem železničních drah **Správa železniční dopravní cesty, státní organizace**. Funkční vazby v systému železniční dopravy na území České republiky z pohledu této státní organizace jsou vyobrazeny na obrázku 2.



Obrázek 2: Základní vazby v systému železniční dopravy z pohledu SŽDC

Ministerstvo dopravy České republiky je ústředním orgánem státní správy s působností ve věcech drah a drážní dopravy, silniční a městské dopravy, drah

zvláštního určení, pozemních komunikací, vnitrozemské plavby, vodních cest a civilního letectví (Soušek et al., 2010).

Zakladatelem státní organizace Správa železniční dopravní cesty je Česká republika (výkonem funkce zakladatele je pověřeno Ministerstvo dopravy ČR) a jejím hlavním úkolem je plnit funkci vlastníka a provozovatele dráhy celostátní a drah regionálních ve vlastnictví státu. Primárně tedy zabezpečuje bezpečnost, provozuschopnost, modernizaci, rozvoj, údržbu a opravy železničních drah v rozsahu nezbytném pro zajištění dopravních potřeb státu a dopravní obslužnosti státu. (Zákon 266, 1994; SŽDC, 2012; Zákon 77, 2002)

Správa železniční dopravní cesty svou působnost územně rozděluje na tzv. oblastní ředitelství. Ta sídlí v Brně, Hradci Králové, Olomouci, Ostravě, Plzni, Praze a Ústí nad Labem. Základním posláním oblastních ředitelství je např. zajištění bezpečného provozu na daném území či správa a kontrola stavu železniční dopravní cesty, včetně budov, staveb a zařízení s ní souvisejících. (Organizační řád, 2017)

Organizační souhrn všech tratí na určitém území, respektive všechny tratě, které spravuje jeden správce infrastruktury, jsou definovány jako **železniční síť** daného území. Železniční síť Správy železniční dopravní cesty, státní organizace je souhrn jednotlivých železničních tratí provozovaných touto organizací na územním celku České republiky. (Vidriková et al., 2010; Předpis, 1997)

Správa železniční dopravní cesty, státní organizace také přiděluje kapacity železničních dopravních cest jednotlivým dopravcům a spolupracuje s dalšími provozovateli drah na území České republiky. Taktéž spadá pod výkon drážní inspekce, drážního úřadu a úřadu pro přístup k dopravní infrastruktuře. **Drážní úřad** je organizační složka státu podřízená Ministerstvu dopravy. Jde o správní úřad, jehož hlavní činností je výkon státní správy ve věcech drah železničních, tramvajových, trolejbusových, lanových a dráhy speciální (metro). **Drážní inspekce** je státní instituce, která odborně šetří příčiny mimořádných událostí (nehod). Jako vyšetřovací orgán je nezávislá na jakémkoli provozovateli drah a drážní dopravy. **Úřad pro přístup k dopravní infrastruktuře** vznikl v dubnu 2017 jako regulační subjekt zřízený na základě článku 55 směrnice 2012/34/EU. Tento úřad je správním úřadem nejen pro užívání a přístup k drážní infrastruktuře, ale také například pro cenovou kontrolu v oblasti užívání dopravní infrastruktury. (Prohlášení o dráze, 2016; SŽDC, 2012; Drážní inspekce, 2008; Drážní úřad, 2016; Směrnice 34, 2012; Zákon 320, 2016)

Výrazným hlediskem dopravního provozu je kapacita dráhy (**kapacita dopravní cesty**), tedy schopnost přidělit vlakové trasy, požadované na určité části dopravní cesty v určitém časovém období (Dopravní a návěštní předpis, 2013). Obecně celý **dopravní provoz** zahrnuje používání dopravních prostředků a zabezpečení

podmínek jejich využívání na určené cíle, kterými jsou časově a věcně navazující úkony uskutečňující a zabezpečující dopravu (Vidriková et al., 2010). Počet dopravních prostředků anebo jiných dopravních jednotek, které mohou v určeném čase projít určeným místem dopravní cesty, definuje **dopravní propustnost** dráhy. **Přepavní kapacita** pak určuje maximální počet osob nebo objem nákladu, které je možno přepravit za jednotku času po dané dopravní cestě dopravními prostředky. (Vidriková et al., 2010)

**Dopravcem** může být fyzická nebo právnická osoba, která je zároveň provozovatelem dopravy pro uspokojení přepravních potřeb jiných osob a organizací a která je jedním z účastníků přepravního vztahu, kdy na trhu dopravy vystupuje s nabídkou dopravních služeb (Vidriková et al., 2010). Činnost, při které dopravce na základě právního vztahu přepravuje osoby, zvířata nebo věci, případně uspokojuje vlastní provozní potřeby, se nazývá **provozování drážní dopravy** (Dopravní a návěštní předpis, 2013). Naopak subjekt, který používá přepravu, je **přepravce**. Zejména se jedná o odesílatele a příjemce zásilek. Přepravcem je fyzická nebo právnická osoba, pro kterou se přeprava zabezpečuje a která na trhu dopravy vstupuje s poptávkou po dopravních službách. (Vidriková et al., 2010)

Kraje vstupují do systému železniční dopravy s požadavkem na **dopravní obslužnost** území kraje. Tím se podle zákon (Zákon 194, 2010) rozumí zabezpečení dopravy po všechny dny v týdnu především do škol a školských zařízení, k orgánům veřejné moci, do zaměstnání, do zdravotnických zařízení atd. Tento požadavek předává kraj (potažmo také Ministerstvo dopravy) příslušnému dopravci a ten jeho plnění projednává s provozovatelem dráhy. (České dráhy, 2008)

Na železniční dopravní systém je kladena řada požadavků. Jedním z nich je např. **provozuschopnost dráhy**, která značí technický stav dráhy, zaručující její bezpečné a plynulé provozování. Provozuschopnost dráhy je základním předpokladem jejího provozování. (Dopravní a návěštní předpis, 2013)

K dalším podmínkám železničních drah se vztahuje také **program RAMS**. Zkratka RAMS vyjadřuje kombinaci podmínek bezporuchovosti (Reliability), pohotovosti (Availability), udržitelnosti (Maintainability) a bezpečnosti (Safety) drážních zařízení (ČSN EN 50126, 2001). **Bezporuchovost drážních zařízení** definuje schopnost infrastrukturního objektu (prvku) plnit požadovanou funkci v daných podmínkách a v daném časovém intervalu. Jedním z hlavních ukazatelů bezporuchovosti je termín „pravděpodobnost bezporuchového provozu“, který je definován jako pravděpodobnost, že objekt může plnit požadovanou funkci v daných podmínkách v daném časovém intervalu. **Pohotovost drážních zařízení** je schopnost přístroje/zařízení/výrobku (prvku) provádět požadovanou funkci v daných podmínkách, v daném časovém okamžiku nebo v daném časovém intervalu,

za předpokladu, že jsou zajištěny požadované externí prostředky. **Udržovatelnost drážních zařízení** udává schopnost objektu v daných podmínkách používání setrvat ve stavu nebo se vrátit do stavu, v němž může plnit požadovanou funkci, jestliže se údržba provádí v daných podmínkách a používají se stanovené postupy a prostředky. Jedním z hlavních ukazatelů udržovatelnosti je termín „pravděpodobnost doby aktivní služby“. **Bezpečnost drážních zařízení** je hodnocena jako neexistence nepřipustných úrovní rizika. Jedná se tedy o stav, kdy je riziko možného poškození omezené na přijatelnou úroveň. (Vidriková et al., 2010; ČSN EN 50126, 2001; ČSN EN 50128, 2003; ČSN EN 50129, 2003)

**Mimořádná událost v drážní dopravě** je podle předpisu Správy železniční dopravní cesty (Předpis, 2017) nehoda nebo incident, ke které došlo v souvislosti s provozováním drážní dopravy nebo pohybem drážního vozidla na dráze nebo v obvodu dráhy a které ohrozily nebo narušily bezpečnost drážní dopravy, bezpečnost osob, bezpečnou funkci staveb nebo zařízení, nebo životní prostředí. **Nehodou** je událost, jejímž následkem je smrt, újma na zdraví nebo jiná újma. **Vážnou nehodou** je nehoda způsobená srážkou nebo vykolejením drážních vozidel, jejímž následkem je smrt, újma na zdraví alespoň 5 osob nebo škoda velkého rozsahu podle trestního zákoníku na drážním vozidle, dráze nebo životním prostředí, nebo jiná nehoda s obdobnými následky. **Incidentem** je pak jiná událost než události výše.

**Obnova železnic** představuje souhrn činností při organizování, plánování a provádění prací, jejichž cílem je nahradit v co nejkratším čase poškozené nebo zničené stavby, zařízení a úseky železničních tratí stavbami, zařízeními a tratěmi novými, vybudovanými s parametry na úrovni určitých takticko-technických požadavků na původním nebo jiném místě. (Vidriková et al., 2010)

Nejdůležitější částí železničního dopravního systému je železniční infrastruktura, která zahrnuje kolejovou síť, budovy a další technická zařízení, které jsou nutná k bezpečnému a plynulému provozu železniční dopravy. (Hofreiter et al., 2013)

Obecně lze jakýkoliv subsystém (tedy i železniční dopravu) chápat jako skupinu vzájemně propojených a interaktivních částí, které plní důležitou práci nebo úlohu a jsou součástí většího systému. Obecně se tento subsystém kritické infrastruktury skládá z (Řehák et al., 2016a):

- **infrastruktury;**
- služeb, které poskytuje;
- poskytovatelů služeb;
- hrozeb působících na subsystém;
- dopadů způsobených narušením subsystému.

### 2.3 Deskripce železniční infrastruktury

Nezbytnou podmínkou pro provozování dopravy je dopravní infrastruktura (Dopravní politika, 2013). Význam důležitosti železniční dopravní infrastruktury potvrzuje také například článek Hrubana (2010). Autor uvádí, že kvalitu dopravy je třeba sledovat vždy ze strany zákazníka, kvalitní dopravní infrastrukturu však zajišťuje správce dopravní infrastruktury. Vliv dopravní infrastruktury na kvalitu dopravního systému je prezentován na obrázku 3. Jak je z obrázku patrné dopravní infrastruktura je pouze jedním prvkem ovlivňující výslednou kvalitu dopravy, na druhé straně však kvalitu ovlivňuje výrazně.



Obrázek 3: Vliv dopravní infrastruktury na kvalitu (Hruban, 2010)

Základem pro bezpečnou a kvalitní železniční dopravu je bezpečná železniční infrastruktura. Ta je v základu tvořena železničními tratěmi, výhybkami, dalšími inženýrskými stavbami (např. mosty, tunely) a přidruženou infrastrukturou stanic (např. nástupiště, zabezpečovací zařízení). Železniční infrastrukturu je třeba vnímat jako funkčně propojenou s dalšími subsystémy, jako např. subsystémy energií, zabezpečovacích zařízení, signalizačních zařízení apod. (Hofreiter et al., 2013)

**Železniční infrastruktura** zahrnuje podle nařízení komise ES č. 851 (2006) níže uvedené položky, které patří k hlavním traťovým i ostatním kolejím, s výjimkou tratí uvnitř železničních dílen, dep nebo vozoven a soukromých železničních přípojek (Nařízení komise 851, 2006):

- pozemky;
- železniční těleso a pláň, zejména násypy, zářezy, drenáže a odvodňovací příkopy, propustky malé těsnosti, zárubní zdi a osázení jako ochrana svahu atd., nástupiště pro cestující a rampy pro nakládku zboží, stezky a chodníky, uzavírací zdi, živé ploty, oplocení, protipožární pásma, zařízení na vytápění výhybek, sněhové zábrany;

- inženýrské stavby, zejména mosty, nadjezdy a ostatní nadúrovňová křížení tratě, tunely, kryté zářezy a ostatní podúrovňová křížení tratě, podpůrné zdi a ochranné stavby proti lavinám, padajícím kamenům atd.;
- úrovňová křížení tratě, včetně zařízení pro zajištění bezpečnosti silničního provozu;
- železniční svršek, zejména kolejnice, žlábkové kolejnice a přídržné kolejnice, příčné a podélné pražce, drobný svrškový materiál ke spojování kolejí, zátěž, včetně štěrku a písku, výhybky a křižovatky, točny a posuvny (s výjimkou těch, které jsou výhradně určeny pro lokomotivy);
- přístupové komunikace pro cestující a zboží, včetně silnic;
- zabezpečovací, signalizační a telekomunikační zařízení na otevřené trati, ve stanicích a seřadovacích nádražích, včetně zařízení pro výrobu, přeměnu a rozvod elektrického proudu pro signalizaci a telekomunikaci, budovy patřící k uvedenému zařízení, kolejové brzdy;
- osvětlovací zařízení pro provozní a bezpečnostní účely;
- zařízení pro přeměnu a přívod proudu pro elektrickou trakci, zejména měničny, napájecí kabely mezi měniči a trolejemi, elektrické vedení se stožáry a třetí kolejnice s podpěrami;
- služební objekty správy infrastruktury, včetně objektů pro vybírání přepravních sazeb.

V následujícím textu jsou části železniční infrastruktury rozděleny do tří skupin: liniové, bodové a plošné prvky (Řehák et al., 2016a; Lukáš, 2013; Fekete, 2011; Dvořák a Lusková, 2012):

- **liniové prvky** zajišťují přenos, dodávku nebo přepravu mezi dvěma fyzicky oddělenými místy (tedy spojnice jednotlivých prvků). Jsou významově základní skupinou, která se nachází ve vztahu ke všem bodovým i plošným prvkům;
- **bodové prvky** představují prvky, které tvoří koncentrovaný a uzavřený celek, umístěné na malé ploše (převážně jednotlivá zařízení a další menší prvky systému). Každý bodový prvek plní svou funkci k určitému liniovému prvku;
- **plošné prvky** mají charakter plošného celku a zahrnují místa, kde najednou může pracovat více bodových i liniových prvků, kdy samotná existence tolika prvků v jednom místě může mít kritický charakter. Plošné prvky jsou nejsložitější skupinou prvků. V plošném prvku pracují minimálně dva bodové prvky (může i více) a minimálně jeden liniový (může i více). V takovémto prvku pak mohou dopady výpadku kumulovat.

Toto rozdělení usnadní porozumění jednotlivým prvkům a vztahům mezi nimi. Provázanost mezi prvky je velká a i menší detail mezi dvěma funkčně stejnými prvky



může způsobit různorodost začlenění prvků (např. železniční stanice na základě své velikosti bude plošným prvkem, malá zastávka však prvkem bodovým). V textu uvedeném níže jsou prvky železniční infrastruktury rozděleny do výše zmíněných skupin.

### 2.3.1 Liniové prvky

Liniové prvky zajišťují přenos, dodávku nebo přepravu mezi dvěma fyzicky oddělenými místy, tedy spojení dvou míst/prvků. V rámci železniční dopravy budou liniovými prvky jednotlivé **tratě**.

Dopravní cestu definovanou výše pro účely železniční dopravy tvoří železniční trať, které se dělí na hlavní a vedlejší (Hofreiter et al., 2013). Dopravní a návěstní předpis (2013) definuje trať jako vymezenou část dráhy, určenou pro jízdu vlaku, rozdělenou na úseky trati mezi dopravními s kolejovým rozvětvením a na koleje v dopravních. Šírou trati je úsek trati, ohraničený na každé straně buď stanicí (mezistaniční úsek), dopravnou nebo koncem dráhy. Trať je možné také rozdělovat na traťové oddíly. (Dopravní a návěstní předpis, 2013)

Význam trati je primárně dán podle kategorie dráhy, na které je trať vymezena. Kategorie drah uvádí zákon o dráhách (Zákon 266, 1994), kdy o zařazení železniční dráhy do příslušné kategorie rozhoduje drážní správní úřad. Jedná se o tyto kategorie (Zákon 266, 1994):

- dráhy celostátní, jimiž jsou dráhy, které slouží mezinárodní a celostátní veřejné železniční dopravě a jsou jako takové označeny, dráhy celostátní jsou součástí evropského železničního systému;
- dráhy regionální, jimiž jsou dráhy regionálního nebo místního významu, které slouží veřejné železniční dopravě a jsou zaústěny do celostátní nebo jiné regionální dráhy;
- dráhy místní, jimiž jsou dráhy místního významu oddělené od celostátní nebo regionální dráhy; dráha je oddělená, umožňuje-li přesun drážního vozidla na jinou dráhu jen s použitím zvláštního technického zařízení nebo slouží-li výhradně k provozování neveřejné osobní drážní dopravy, osobní drážní dopravy pro potřeby cestovního ruchu nebo provozované historickými vlaky;
- vlečky, jimiž jsou dráhy, které slouží vlastní potřebě provozovatele nebo jiného podnikatele a jsou zaústěny do celostátní nebo regionální dráhy, nebo jiné vlečky;
- zkušební dráhy, jimiž jsou dráhy, které slouží zejména k provádění zkušebního provozu drážních vozidel nebo zkoušek pro schválení typu nebo změny typu drážních vozidel a drážní infrastruktury;
- speciální dráhy, které slouží zejména k zabezpečení dopravní obslužnosti obce.

Nezbytnou součástí dráhy jsou podle zákona o dráhách (**Zákon 266, 1994**) pevná zařízení potřebná pro zajištění bezpečnosti a plynulosti drážní dopravy. Podle vyhlášky Ministerstva dopravy České republiky (**Vyhláška 177, 1995**) jsou součástí dráhy: železniční spodek, železniční svršek, železniční přejezd, stavby a pevná zařízení nutná k ochraně proti nepříznivým vlivům dráhy, sdělovací zařízení pro přenos informací, zabezpečovací zařízení, elektrická zařízení, pevná zařízení pro měření, údržbu a opravy dráhy, budovy a zařízení určené k organizování, zabezpečení a řízení drážní dopravy a k uspokojování přepravních potřeb a poskytování služeb spojených s přepravou veřejnosti, pozemky v obvodu dráhy. Některé z těchto nezbytných součástí dráhy spadají do skupin níže.

### 2.3.2 Bodové prvky

Bodové prvky jsou uzavřeným celkem, který plní svou funkci pro potřeby konkrétního liniového prvku. Především se jedná o místně definované body, umístěné na malé ploše. Bodový prvek může pracovat i pro více než jeden liniový prvek (např. výhybka v místě odbočení jedné anebo křížení dvou tratí). V rámci oblasti železniční infrastruktury se bude jednat primárně o drážní zařízení (např. sdělovací zařízení, zabezpečovací zařízení, elektrická zařízení, návěsní systémy, výhybkové systémy), stavby dráhy, přejezdy a zastávky.

Za základní dopravní zařízení se považují technické objekty, sdělovací a zabezpečovací zařízení a další zařízení, bez kterých by se doprava nemohla uskutečnit, např. nástupiště, světelné signalizační zařízení, dopravní značení apod. (**Vidriková et al., 2010**). Drážní zařízení je tedy každé zařízení potřebné k provozování dráhy nebo drážní dopravy (**Předpis, 2017**).

Stavebně základními bodovými prvky jsou tzv. **stavby dráhy**. Zákon o dráhách (**Zákon 266, 1994**) takto označuje stavby, které jsou určeny k pohybu drážních vozidel a také stavby, které např. rozšiřují, doplňují, nebo zabezpečují dráhu. Příkladem mohou být železniční mosty, tunely či propustky, tj. stavby tunelového typu o průměru menším než 5 metrů (**Soušek a Kopčák, 2004**). Prostorové uspořádání staveb dráhy vymezuje rozměrové parametry tratí, mostů a tunelů pro průchodnost drážních vozidel (**Vyhláška 177, 1995**).

Obecně lze konstrukci železničního tělesa rozdělit na dva základní celky, a to železniční spodek a železniční svršek. Železniční spodek je zemní těleso, stavby a zařízení železničního spodku a veřejně přístupné dopravní plochy v obvodu dráhy, které musí zajistit trvalou geometrickou polohu koleje. Spodek je primárně tvořen zemním tělesem, umělými stavbami, dopravními plochami a zařízeními a drobnými stavbami. Železniční svršek je část dráhy, která plní nosnou a vodící funkci pro jízdu drážního vozidla a primárně jej tvoří šterkové kolejové lůžko, podpěry kolejnic,



kolejnice, drobné kolejivo, výhybky a jejich zařízení, kolejové křížení a posuvné či otáčecí zařízení. Součástí železničního svršku jsou také upevňovací, dilatační zařízení, izolované styky, vodivá a speciální spojení, přídržné kolejnice, ochranné kolejnice, ozubnicové tyče, zařízení proti putování kolejnic, pražcové kotvy, kolejové lože či ohřev výhybek. (Prohlášení o dráze, 2016; Hofreiter et al., 2013; Vyhláška 177, 1995)

**Sdělovací zařízení** umožňují spolehlivý přenos informací pro řízení a dorozumění mezi osobami zúčastněnými na provozování dráhy a drážní dopravy, pro funkci drážních technologických zařízení, automatizačních systémů dráhy a pro informování cestujících. Pro tyto účely může být uspořádáno do samostatných okruhů pro spojení dvou určených zařízení nebo do účastnických sítí tak, aby zajišťovalo podmínky pro řádné provozování dráhy a drážní dopravy. Pro přenos informací lze používat při provozování dráhy a drážní dopravy rádiová sdělovací zařízení, která splňují podmínky podle zvláštního předpisu. (Vyhláška 177, 1995)

Za zmínku stojí nové a evropsky standardizované rádiové komunikační prostředí – systém GSM-R. Toto prostředí se nachází na tratích evropského významu a na některých tratích národního významu. Síť GSM-R podporuje v zásadě tři možné způsoby přenosů dat: přenosy pomocí SMS (Short Message Services) zpráv, datová volání a přenosy pomocí GPRS (General Packet Radio System). (Šustr, 2002)

Jedním ze systémů, které se významnou mírou podílejí na řízení železničního dopravního procesu, jsou železniční zabezpečovací systémy. Klasická **železniční zabezpečovací zařízení** jsou definována jako zařízení, která prvořadě kontrolují, zda zamýšlené úkony dopravních zaměstnanců jsou bezpečné a zda se provádějí tak, aby nebyla ohrožena bezpečnost železniční dopravy. (Chudáček et al., 2005)

Podle Prohlášení o dráze (2016) jsou to technické prostředky pro zabezpečení a řízení drážní dopravy v železničních stanicích a na tratích, zařízení pro mechanizaci a automatizaci spádovišť a související přenosové cesty. Zařízení přispívají k zajištění bezpečnosti železniční dopravy kontrolou a náhradou podílu lidského činitele a umožňují automatizaci dopravního procesu a zvyšování propustné výkonnosti železničních stanic a tratí. Podle úrovně zajištění a kontroly podmínek pro zabezpečenou jízdu drážních vozidel se dělí na zařízení (Prohlášení o dráze, 2016):

- 1. kategorie – za splnění většiny bezpečnostních požadavků pro zabezpečenou jízdu vlaku odpovídají určení zaměstnanci;
- 2. kategorie – splnění určených bezpečnostních požadavků pro zabezpečenou jízdu vlaku zajišťuje zabezpečovací zařízení a za splnění ostatních bezpečnostních požadavků odpovídají určení zaměstnanci;

- 3. kategorie – splnění bezpečnostních požadavků pro zabezpečenou jízdu vlaku i posunu zajišťuje zabezpečovací zařízení.

Zabezpečovací systémy jsou tvořeny souhrnem technických prostředků anebo technických a programových prostředků s jejich informačními vazbami, které se výraznou mírou podílejí na bezpečnosti řízení pohybu železničních drážních vozidel po dopravní cestě.

Podle účelu je možno zabezpečovací zařízení, tedy uspořádané spojení technických anebo technických a programových prostředků, dělit na (Zahradník a Rástočný, 2006):

- staniční zabezpečovací zařízení - potřebné na bezpečné řízení jízdy vlaků a posuvných dílů v železničních stanicích;
- traťové zabezpečovací zařízení - potřebné na bezpečné řízení jízdy vlaků v mezistaničních úsecích;
- vlakové zabezpečovací zařízení - potřebné na zabezpečení jízdy vlaků s využitím přenosu informací mezi tratí a hnacím vozidlem;
- přejezdové zabezpečovací zařízení - potřebné pro dávání jednoznačné a zřetelné výstrahy účastníkům silniční dopravy v dostatečném časovém předstihu, že nesmí vjíždět na železniční přejezd a pro informování strojvedoucího vlaku přibližujícího se k přejezdu, jakou dovolenou rychlostí a jakým způsobem může pokračovat v jízdě k přejezdu;
- spádovištní zabezpečovací zařízení - potřebné pro zvýšenou spolehlivost řízení seřadovacího procesu na spádovištích.

Nezbytným doplňkem zabezpečovacích systémů jsou **návěstní systémy**. Návěstní soustava umožňuje snadné, rychlé a jednoznačné vyjádření a vnímání návěstí a zajišťuje bezpečné provozování drážní dopravy (Prohlášení o dráze, 2016).

Návěstění je činnost, při které je pokyn k organizování a provozování drážní dopravy dáván návěstí. Návěst je viditelné nebo slyšitelné vyjádření pokynu stanoveným způsobem. Znak, provedení, tvar, barva a zvukové vyjádření je uvedeno v dopravním a návěstním předpise (2013). Návěstidlo je technické zařízení, pomůcka nebo předmět, kterým se dává návěst. Návěstidla jsou základní pomůckou pro řízení drážní dopravy. Mohou jízdu zakazovat či povolovat, upravovat rychlost jízdy vlaku, nebo ovládat procesy posunování. (Vyhláška 173, 1995)

Nepostradatelným prvkem železniční infrastruktury jsou **výhybky**. Železniční výhybkový systém, který je nezbytným prvkem pro provozní flexibilitu železnice, je speciální infrastrukturou používanou k přesměrování vlaku z určitého směru či trasy na jiný směr či trasu (Dindar et al, 2016). Výhybkou se rozumí kolejové zařízení umožňující přechod vozidel z jedné koleje na druhou bez přerušování jízdy. Pro obsluhu

výhybek se v jednotlivých stanicích vyskytují stavědla, výhybkářská a jiná stanoviště a zařízení. Stavědla jsou pracoviště obsazená signalistou, popř. i výpravčím. (Dopravní a návěstní předpis, 2013)

V rámci **elektrických zařízení** pracují v železniční dopravě podle vyhlášky Ministerstva dopravy (Vyhláška 177, 1995) zařízení, která zajišťují napájení elektrických hnacích vozidel (trakční napájecí a spínací stanice, trakční vedení), prostředky dispečerského řízení (např. elektro-dispečerská pracoviště), drážní elektrická silnoproudá zařízení pro výrobu, přeměnu, zásobování a využití elektrické energie (např. transformační stanice), speciální elektrická zařízení, přístroje a osvětlovací zařízení, zařízení pro napájení zabezpečovacího zařízení, elektrická zařízení pro předtápění vlakových souprav, zařízení pro ochranu před účinky atmosférické elektřiny, zařízení pro ochranu před negativními účinky zpětných trakčních proudů, případně další elektrická zařízení napájená i z trakčního vedení.

Železničním přejezdem je místo, kde se kříží dráhy celostátní, dráhy regionální a vlečky s pozemní komunikací v úrovni kolejí (Vyhláška 177, 1995). Za přejezd se nepovažuje přechod v železničních stanicích, určený pro pohyb cestujících nebo zaměstnanců provozovatele dráhy a dopravce. Při křížení železniční dráhy s pozemními komunikacemi v úrovni kolejí má drážní doprava přednost před provozem na pozemních komunikacích. (Dopravní a návěstní předpis, 2013)

Ze strany dráhy se používají následující způsoby varování uživatelů pozemních komunikací (Dopravní a návěstní předpis, 2013):

- výstraha činností přejezdového zabezpečovacího zařízení;
- výstraha opakováním návěsti Pozor;
- sklopení břevna závory;
- zabezpečení přejezdu výstražnými kříži;
- střežení přejezdu zaměstnancem provozovatele dráhy nebo dopravce.

Do skupiny bodových prvků lze zařadit také **přejezdy bez přejezdového zabezpečovacího zařízení**. V případě, kdy je přejezd zabezpečen přejezdovým zabezpečovacím zařízením, se jedná o prvek skupiny plošných prvků a to z důvodu, že takový přejezd je složen ze dvou částí - samotná přejezdová část, tedy místo křížení dráhy s pozemní komunikací a samotné zabezpečovací zařízení.

Zastávky jsou také zařazeny do skupiny bodových prvků. Složitější železniční stanice (stanice se staničním zabezpečovacím zařízením) jsou stejně jako složitější železniční přejezdy zařazeny do skupiny plošných prvků. Za **zastávku** se považuje místo na dráze, určené pro nástup a výstup cestujících do a z vozidla (Dopravní a návěstní předpis, 2013; Vyhláška 173, 1995).

Výrazným prvkem železniční dopravy jsou také **systémy řízení dopravy**. Těmi jsou inteligentní řídicí dopravní systémy umožňující centralizované komplexní řízení a organizaci dopravních proudů prostřednictvím zařízení dopravy, a to na základě údajů ze zařízení dopravního průzkumu, meteorologických zařízení, uzavřeného televizního okruhu a pokynů operátora. (Vidriková et al., 2010)

Obecně se řízením železničního provozu nazývá souhrn činností zahrnující vzájemné předávání informací, pokynů a požadavků mezi zaměstnanci, provozovateli dráhy a dopravci tak, aby byla zajištěna bezpečnost a plynulost železniční dopravy a plnění jízdního řádu.

Při řízení provozu musí být efektivně usměrňovány veškeré úkony všech zaměstnanců. Cílem pak je plnění předem schváleného směnového plánu, tedy koordinace činností, které musí směřovat k plnění jízdního řádu a úkolů daných požadavky dopravců při respektování kapacity dopravní cesty. Při řízení dopravy lze rozlišovat klasický způsob řízení dopravy, zjednodušené řízení dopravy a dálkové řízení dopravy. (Konopáč, 2013)

V rámci řízení dopravy jsou důležitou součástí **dispečerská pracoviště** pro dálkové ovládání zabezpečovacích zařízení, tedy centrální obslužné pracoviště několika samostatných staničních, traťových a přejezdových zařízení. Základní funkcí dálkového ovládání je přenos a zobrazení informací z jednotlivých stavědel (nutných k řízení provozu v dané oblasti) na ovládací pracoviště a přenos povelů zadaných na ovládacím pracovišti do jednotlivých stavědel. Dispečerská pracoviště lze podle rozsahu dělit na regionální a centrální dispečerská pracoviště. Centrální dispečerská pracoviště jsou organizačními jednotkami Správy železniční dopravní cesty, státní organizace, se sídly v Praze a Přerově, přímo řízené náměstkem generálního ředitele pro řízení provozu. (Chudáček et al., 2005; Pittner, 2018; Organizační řád, 2017)

Výše zmíněných systémů a zařízení se úzce dotýká také věda a technika komunikace informací - tzv. telematika. Termín pochází z francouzštiny a jedná se o kombinaci slov telekomunikace a informatika. Termín je používán tam, kde taková kombinace může být přínosná ve srovnání s vyhrazenými řešeními (včetně dosažených synergií). V jejím vývoji dominuje integrace počítačů a komunikačních prostředků. Dopravní telematika slouží k plánování, řízení a kontrole dopravních procesů. Jde v ní především o přenos dopravních informací mezi dopravní sítí a dopravními prostředky (posádkami, řidiči, dispečinkem, bezpečností službou), který umožňuje optimalizovat pohyb dopravních prostředků. Tím se zvyšuje kapacita dopravy, bezpečnost provozu a snižují se nežádoucí účinky na životní prostředí. (Vidriková et al., 2010; Rosiński, 2015)

### 2.3.3 Plošné prvky

Plošné prvky jako nejsložitější skupina prvků mají charakter plošného celku, který lze rozložit na více částí. Podmínkou pro zařazení do skupiny plošných prvků je existence minimálně dvou bodových prvků v jednom místě. Do skupiny plošných prvků jsou primárně zařazeny železniční uzly, přejezdy s přejezdovým zabezpečovacím zařízením a železniční stanice se staničním zabezpečovacím zařízením.

Seskupení železničních tratí se nazývá **železniční uzel**. Ten označuje dopravní místo, do kterého se zpravidla zaústí několik železničních tratí, včetně technického vybavení. Železniční uzel může být samostatný nebo kombinovaný pro osobní a nákladní dopravu. Součástí uzlu mohou být nádraží pro osobní a nákladní dopravu, seřaďovací a odstavné nádraží, dílny, lokomotivní a vozová depa. (**Prohlášení o dráze, 2016; Hofreiter et al., 2013**)

Železniční stanicí je doprava s kolejovým rozvětvením umožňujícím křižování a předjíždění vlaků a se stanoveným rozsahem poskytovaných přepravních služeb (**Dopravní a návěstní předpis, 2013**). Dopravnou obecně (s kolejovým rozvětvením i bez) je místo na dráze, které slouží k řízení jízdy vlaků a posunu mezi dopravami (**Soušek a Kopčák, 2004**). Z pohledu Správy železniční dopravní cesty, státní organizace se jedná o základní organizační útvar dráhy pro železniční dopravní i přepravní provoz (**Směrnice SŽDC 112, 2014**). Do skupiny plošných prvků spadají pro potřeby této práce **železniční stanice se zabezpečovacím zařízením**.

Místa křížení železniční dráhy s pozemní komunikací, která jsou zabezpečeny přejezdovým zabezpečovacím zařízením, jsou pro potřeby této práce označeny jako **železniční přejezdy se zabezpečovacím zařízením**. Pouze fyzické křížení dráhy s pozemní komunikací by spadalo do skupiny bodových prvků, přidáním zabezpečovacího zařízení se však z bodového prvku stává prvek plošný.

## 2.4 Současný stav určování prvků železniční kritické infrastruktury

Zvyšující se zranitelnost moderní společnosti je předmětem dlouhodobého jednání. Otázky ohrožení obyvatelstva, zachování základních funkcí státu a zvyšování prevence, připravenosti a zvládání následků mimořádných událostí jsou častým tématem všech, kteří se touto problematikou zabývají.

Úkolem státu je zajistit rozvoj země a bezpečnost občanů, tedy zajištění zabezpečení zdravé populace, životního prostředí a kvalitní technické infrastruktury, které zajistí naplnění potřeb obyvatelstva. Zejména v případě mimořádných situací je nezbytné zabránit vzniku takového stupně ohrožení, který by mohl negativně ovlivnit společnost. Pro tento cíl je nezbytné zajistit plynulé fungování základních – životně důležitých – prostředků a adekvátně je chránit, posilovat a pečovat o jejich spolehlivý

chod. Téma ochrany životně důležitých zdrojů, infrastruktur a služeb spadá do problematiky nazvané kritická (životně důležitá) infrastruktura. (**Komplexní strategie, 2009**)

Problematicou kritických infrastruktur se zabývá řada států. Nejčastěji je kritickou infrastrukturou označena organizace, instituce či služba, která slouží pro veřejné blaho a jejíž narušení nebo porucha by mohla vyústit v dlouho trvající omezení základních dodávek, dopady na životy, zdraví a hospodářský aspekt života lidí a státu (**Analysis of Critical Infrastructures, 2004; Slivková et al., 2016**).

Kritické infrastruktury lze klasifikovat podle funkčních specifikací na infrastruktury technické (např. energetika, doprava) a socioekonomické (např. zdravotnictví nebo finanční trh). Pro potřeby této práce je však vhodnější členění infrastruktur podle rozlohy a hodnoty oblasti, pro kterou poskytují své služby. V tomto případě lze klasifikovat kritickou infrastrukturu na evropskou, národní a regionální. Toto hodnocení může také definovat význam nebo nezbytnost daných služeb. (**Novotný et al., 2016; Směrnice 114, 2008; Zelená kniha, 2005; Šimák et al., 2012**)

#### 2.4.1 Evropská úroveň

Evropská kritická infrastruktura je nejvyšší úrovní, pro kterou je řešena problematika kritické infrastruktury v rámci členských zemí Evropské unie. Za základní dokument kritické infrastruktury na této úrovni lze považovat Zelenou knihu (**2005**). Na jejím základě byla v roce 2008 přijata Směrnice Rady EU o určování a označování evropských kritických infrastruktur a o posouzení potřeby zvýšit jejich ochranu (**2008**).

Ochrana kritické infrastruktury není možná bez určení prvků, které mají být chráněny. Za tímto účelem výše zmíněná Směrnice rady (**Směrnice 114, 2008**) zavádí pro určení evropské kritické infrastruktury průřezová a odvětvová kritéria a doporučuje členským státům implementaci těchto kritérií pro určení národní kritické infrastruktury. Průřezová kritéria hodnotí hledisko obětí (počet zraněných či mrtvých), ekonomického dopadu (hospodářská újma či zhoršení kvality výrobků/služeb) a dopadu na veřejnost (fyzické strádání, narušení každodenního života).

Odvětvová kritéria se dotýkají těchto sektorů evropské kritické infrastruktury (**Směrnice 114, 2008**):

- energetika:
  - elektřina;
  - ropa;
  - zemní plyn;



- doprava:
  - silniční doprava;
  - **železniční doprava;**
  - letecká doprava;
  - vnitrozemská vodní doprava;
  - zámořská a pobřežní vodní doprava a přístavy.

Prahové hodnoty průřezových kritérií jsou pak vedeny v utajované příloze této směrnice (**Směrnice 114, 2008**). Každá země, která se kritickou infrastrukturou zabývá, ji vymezuje ve své legislativě a zajišťuje tak primárně jejich ochranu.

Při určování kritických infrastruktur se často využívá přístupu „Top-Down“ (shora-dolů) nebo přístupu „Bottom-Up“ (zespodu – nahoru). Oba přístupy se používají v různých technických oborech, včetně spolehlivosti, bezpečnosti a odolnosti systému. Přístup „Top-Down“ hodnotí kritickou infrastrukturu v celém rozsahu a pak se zaměří na jeho části. Opakem je pak přístup „Bottom-Up“, kdy se nejprve hodnotí jednotlivé součásti systému samostatně a na základě výsledků se pak popisuje systém jako celek. Výhodou může být kombinace těchto obou přístupů (**Brown, 2006; Critical Infrastructure Interdependencies Assessment, 2016**)

#### 2.4.2 Národní úroveň

V České republice kritickou infrastrukturu definuje zákon o krizovém řízení (**Zákon 240, 2000**) jako prvek kritické infrastruktury nebo systém prvků kritické infrastruktury, jehož narušení funkce by mělo závažný dopad na bezpečnost státu, zabezpečení základních životních potřeb obyvatelstva, zdraví osob nebo ekonomiku státu.

Ve vazbě na Evropskou unii byly v České republice vytvořeny dva strategické dokumenty, a to Komplexní strategie České republiky k řešení problematiky kritické infrastruktury (**2009**) a Národní program na ochranu kritické infrastruktury (**2009**).

Národní program na ochranu kritické infrastruktury (**2009**) vymezuje dvě základní kritéria pro určení prvků kritické infrastruktury - nenahraditelnost a nahraditelnost prvku. Nenahraditelnost je chápána tak, že prvek nelze po výpadku v krátkém časovém období obnovit a nahradit lze pouze provizorně s tím, že toto provizorium významně ovlivní život obyvatelstva či fungování veřejné správy. V případě, že lze prvek po výpadku nahradit jiným způsobem v dostatečné úrovni, lze mluvit o kritériu nahraditelnosti.

Mezi další aspekty posuzování jsou řazeny odvětvová a průřezová kritéria. Konkrétní hodnoty těchto kritérií na národní úrovni jsou uvedeny v nařízení vlády č. 432 (**2010**). Limitní hodnoty pro určení prvku v rámci průřezových kritérií jsou (**Nařízení vlády 432, 2010**):

- dopad na veřejnost s mezní hodnotou rozsáhlého omezení poskytování nezbytných služeb nebo jiného závažného zásahu do každodenního života postihujícího více než 125 000 osob;
- ekonomický dopad s mezní hodnotou hospodářské ztráty státu vyšší než 0,5 % hrubého domácího produktu;
- oběti s mezní hodnotou více než 250 mrtvých nebo více než 2 500 osob s následnou hospitalizací po dobu delší než 24 hodin.

V rámci národní kritické infrastruktury se za prvky kritické infrastruktury železniční dopravy určují podle odvětvových kritérií (**Nařízení vlády 432, 2010**):

- dráhy celostátní, včetně jejích strukturálních součástí, pokud pro ně neexistují odklonové trasy s odpovídající traťovou třídou zatížení a prostorovou průchodností pro ložnou míru;
- systém správy a organizace řízení železničního provozu na železniční síti České republiky ve vztahu k evropské železniční síti, s ohledem na nově vzniklé podmínky zajištění součinnosti v rámci Evropského železničního řídicího systému (centrální, regionální a lokální dispečerská pracoviště).

V odvětví železniční dopravy je na národní úrovni určeno celkem 8 prvků kritické infrastruktury, jejichž provozovatelem je Správa železniční dopravní cesty, státní organizace (**Pidhaniuk, 2017**). Díky těmto skutečnostem vyvstává Správě železniční dopravní cesty povinnost zajistit ochranu prvků kritické infrastruktury a také vypracovat Plán krizové připravenosti subjektu kritické infrastruktury podle zákona o krizovém řízení (**Zákon 240, 2000**). Pro splnění této povinnosti má Správa železniční dopravní cesty vypracovanou směrnici (**Směrnice SŽDC 59, 2012**). Tato směrnice mimo jiné definuje základní cíl krizového řízení Správy železniční dopravní cesty, kterým je řešení typové krizové situace „Narušení dopravní soustavy velkého rozsahu“, tj. narušení železniční dopravní cesty (viz Typový plán Ministerstva dopravy České republiky).

### 2.4.3 Regionální úroveň

Regionální nebo také místní úroveň kritické infrastruktury zmiňuje například Koncepce ochrany obyvatelstva (**2008**). Ta poukazuje na skutečnost, že narušení kritické infrastruktury může na národní úrovni ovlivnit zajištění základních funkcí státu a na krajské a místní úrovni může mít vliv na zajištění základních funkcí území. Pro regionální/místní/krajskou úroveň však neexistují kritéria pro určení prvků kritické infrastruktury na této úrovni.

V různých systémech na regionální úrovni však mohou existovat prvky, jejichž výpadek by mohl způsobit výrazný negativní dopad na místní úroveň poskytované služby. V železniční dopravě se může jednat například o prvky, které jsou potřebné



k zajištění bezpečnosti dráhy (Pittner, 2018). Ty však nesplňují kritéria na zařazení mezi prvky kritické infrastruktury podle nařízení vlády č. 432 (2010). Tato zařízení mohou být definována jako **kritický prvek** daného systému. Takto autoři Robinson et al. (1998) označují část/prvek/uzel/element systému, který je důležitý pro chod systému a jehož nefunkčnost by měla závažné dopady na sledovaný systém.

Z pohledu Správy železniční dopravní cesty mohou výše zmíněnou definici kritického prvku splňovat například tzv. **rozhodující zařízení**, které definuje směrnice SŽDC č. 59 (2012). Jedním z cílů této směrnice je „Zvyšování odolnosti a zabezpečení funkčnosti rozhodujících zařízení k provozování činností Správy železniční dopravní cesty, státní organizace.“ pro místní úroveň stojí za zmínku také **důležité části** systému zajišťujícího bezpečné provozování dráhy celostátní a regionální a drážní dopravy na těchto dráhách, o kterých vedou dokumentaci provozovatelé dráhy a dopravci, a to podle vyhlášky Ministerstva dopravy České republiky (Vyhláška 376, 2006).

## 2.5 Dílčí závěr

Železniční infrastruktura je složitým, propojeným systémem, který se sestává z nejrůznějších liniových, plošných a bodových prvků. Narušení a výpadky železniční dopravy mohou mít za následek dopady na cestující i na přepravované zboží a mohou se odrážet také v ekonomických ztrátách provozovatele dráhy či drážní dopravy. Z národní úrovně je primárně řešena oblast kritické infrastruktury, viz zákon o krizovém řízení (Zákon 240, 2000), místní úroveň však definovanou kritickou infrastrukturu nemá.

Kritickým prvkem pro místní dopravní infrastruktury mohou být i prvky, které nesplňují požadavky nařízení vlády (Nařízení vlády 432, 2010). Prvkem kritické infrastruktury sice nejsou, ale mohou být důležitým, strategickým či kritickým prvkem pro dopravní obslužnost menšího regionu a pro zajištění bezpečnosti, provozuschopnosti a plynulosti železniční dopravy v regionu.

Státní organizace Správa železniční dopravní cesty, jakožto nejvýznamnější provozovatel drah na území České republiky, si je vědoma těchto aspektů a proto mapuje, monitoruje, zabezpečuje a chrání místa, kde může docházet k narušení železniční dopravy a také prvky, které se primárně podílí na zajištění bezpečnosti železniční dopravy. Pro tento přístup však nemá Správa železniční dopravní cesty vytvořen ucelený systém, který by určoval kritické prvky železniční dopravy daného regionu z pohledu provozovatele, a který by obsahoval adekvátní kritéria pro hodnocení kritičnosti prvků železniční infrastruktury.

### 3 Cíl a omezení disertační práce

Hlavním cílem disertační práce bylo vytvoření systému určování kritických prvků v infrastruktuře železniční dopravy pro potřeby oblastních ředitelství Správy železniční dopravní cesty, státní organizace.

Výběr předloženého cíle byl determinován následujícími skutečnostmi:

- neexistence systémového/komplexního přístupu k určování kritických prvků v oblasti železniční infrastruktury pro potřeby území oblastních ředitelství Správy železniční dopravní cesty, státní organizace, tedy pro místní úroveň řízení;
- absence kritérií pro určování kritických prvků oblastní úrovně;
- potenciální snaha zvyšování bezpečnosti železniční dopravy;
- naplnění povinností vyplývajících z právní úpravy a interních směrnic Správy železniční dopravní cesty, státní organizace.

K naplnění hlavního cíle disertační práce byly stanoveny následující dílčí cíle:

- analýza funkcí a vzájemných vazeb v systému železniční infrastruktury;
- analýza současných přístupů a metod k identifikaci, analýze a hodnocení kritických prvků;
- stanovení kritérií pro proces posuzování kritičnosti jednotlivých prvků v systému železniční infrastruktury;
- stanovení hraniční úrovně kritičnosti;
- návrh systému pro posuzování a určování kritických prvků železniční infrastruktury.

Přínosy disertační práce:

- přínos pro vědní obor spočívá zejména v rozšíření rámce současného přístupu k hledání kritických prvků dopravního systému v České republice;
- teoretický přínos spočívá v nadefinování postupu posuzování kritických prvků v systémech;
- přínos pro praxi spočívá ve vytvoření systému pro posuzování a určování kritických prvků železniční infrastruktury, který je určen pro potřeby bezpečnostních pracovníků oblastních ředitelství Správy železniční dopravní cesty, státní organizace, akciové společnosti České dráhy a Ministerstva dopravy České republiky.

Omezení disertační práce:

- z důvodu značného rozsahu systému železniční dopravy je práce zaměřena pouze na hodnocení železniční infrastruktury;

- z důvodu rozsahu řešené problematiky nejsou v disertační práci řešeny subjekty železniční dopravy a jimi poskytované služby;
- práce se rovněž nezabývá posuzováním vlakových souprav;
- daná problematika je primárně řešena z pohledu Správy železniční dopravní cesty, státní organizace, jakožto nejvýznamnějšího provozovatele drah na území České republiky;
- problematika je řešena pouze na regionální úrovni, tj. na úrovni oblastních ředitelství Správy železniční dopravní cesty, státní organizace;
- zkoumání dané problematiky je realizováno z makroskopického pohledu, tzn., že jsou zkoumány ucelené komponenty systému a to bez ohledu na jejich detailní strukturu.

## 4 Metodologie disertační práce

Následující kapitola představuje základní přehled metod, které byly využity při tvorbě disertační práce. Výčet obsahuje také některé specifické metody, které se vztahují ke zkoumané problematice.

### 4.1 Obecné metody

V úvodu disertační práce (kapitola 1) byla provedena **rešerše** významných zdrojů z oblasti řešené problematiky. V technickém kontextu je rešerše jakýmsi odborným úvodem ve formě souborného přehledu současného stavu zkoumané problematiky.

Výrazným celkem teoretické části práce je **deskripce** systému železniční dopravy a deskripce železniční infrastruktury (viz kapitola 2.2 a 2.3). Deskripce obecně slouží k popisu určitých stavů, jevů, skutečností.

V rámci kapitoly 2.3 byla využita také metoda **klasifikace**, tedy metoda třídění popisovaných skutečností. Konkrétně se jedná o klasifikaci prvků železniční infrastruktury do skupin liniových, bodových a plošných prvků.

Současný stav určování prvků kritické železniční infrastruktury nastíněný v kapitole 2.4 byl vytvořen primárně pomocí metod analýzy, komparace a klasifikace. **Analýza** bývá definována jako postupný rozbor, rozklad nějakého celku či systému na jeho jednotlivé části, zkoumání těchto částí, jejich významu a vzájemných vztahů. **Komparace** pak obecně odpovídá procesu porovnávání či srovnávání. Klasifikace se v této kapitole prezentuje v případě úrovní kritické infrastruktury (evropská, národní a regionální).

V rámci celé kapitoly 2 byly také využity metody analýzy a dedukce a to primárně pro pochopení všech funkcí a vzájemných vazeb ve sledovaném systému. **Dedukce** zahrnuje typ úsudku a metodu zkoumání, kdy se vyvozují konkrétnější závěry z obecnějších pojmů.

V páté kapitole byly představeny současné přístupy k určování kritických prvků v systémech (tj. obecné systémy i dopravní systémy) a to primárně pomocí metod **analýzy** a **komparace**.

Analýza oblastí pro definování kritérií určování kritických prvků v železniční dopravě byla z části (např. kapitola 5.2.2) vytvořena také pomocí metody **explanace**. Ta bývá definována jako metoda zaměřená na logickou rekonstrukci vysvětlení nebo pochopení nějakého jevu nebo procesu (v tomto případě se jedná o pochopení a vysvětlení železničních dopravních procesů).

Návrhová část uvedená v kapitole 6 byla vytvořena primárně pomocí metod indukce a syntézy. **Indukcí** je míněno vyvozování či usuzování obecného závěru z dílčích poznatků a faktů. **Syntéza** je myšlenkové spojení poznatků získaných analytickými metodami v celek.

Kapitola 6.5 verifikuje navržený systém formou případové studie. Za **verifikaci** se běžně považuje ověřování nebo potvrzování správnosti. Může se jednat o ověřování správnosti dat, pravdivosti výroku, hypotézy, argumentu, logického systému, nebo funkce přístroje. **Případová studie** bývá charakterizována jako detailní rozebrání jednoho či několika konkrétních případů za účelem aplikace získaných poznatků. **Komparací** byly v návrhové části také srovnány úrovně kritičnosti hodnocených prvků s hraniční úrovní kritičnosti, a to pro stanovení kritických prvků případové studie.

## 4.2 Specifické metody

Vedle obecných metod byly v disertační práci využity taktéž některé metody specifické. Jejich popis je uveden níže.

Metoda **analýzy způsobů a důsledků poruch FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)** podle české technické normy (**ČSN EN 60812, 2007**) obsahuje systematický postup analýzy systému s cílem zjištění potenciálně možných poruch systému, jejich příčin a důsledků na další komponenty systému. Princip metody je založen na pravděpodobnosti vzniku poruch, na jejich závažnosti a na snadnosti jejich detekce. Z těchto tří parametrů je vypočtena míra rizika, která po seřazení určí poruchy, na které je nutné se zaměřit. Je považována za metodu, která může adekvátně hodnotit závažnosti potenciálních způsobů poruch a poskytovat tak vstupy pro hledání řešení ke zmírnění rizik. Z této metody byl v kapitole 6.3 využit model pro stanovení priorit rizika.

Rozšířením analýzy FMEA je pak metoda **analýzy způsobů, důsledků a kritičnosti poruch FMECA (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis)**. Tu česká technická norma (**ČSN EN 60812, 2007**) definuje jako metodu pro klasifikaci závažnosti způsobů poruch pro stanovení priorit protiopatření. Tato klasifikace se provádí kombinováním míry závažnosti a četnosti výskytu, což vytváří relativní míru kritičnosti. Stanovení kritičnosti v této analýze se realizuje přidáním kvalitativního ukazatele velikosti důsledků způsobu poruch. Některá kritéria z multikriteriální metody FMECA byla využita v rámci kapitoly 6.3.

Jednou z možností prezentace úrovně kritičnosti je tzv. **matice kritičnosti**. Podle české technické normy (**ČSN EN 60812, 2007**) matice kritičnosti prezentuje vztah závažnosti poruchy a pravděpodobnosti jejího výskytu. Přístup matice může být upraven pro potřeby dané analýzy a taktéž mohou být upraveny hodnocené faktory.

Přístupu této matice bylo využito v rámci hodnocení *prosté kritičnosti* kritéria B2: Vliv a závislost prvku v kapitole 6.3.2.

**Metoda CARVER2** slouží v analýze kritické infrastruktury pro určení strategických cílů v rámci hodnoceného systému. Jde o netechnickou metodu pro porovnávání a hodnocení kritické infrastruktury a klíčových zdrojů infrastruktury napříč odvětvími. Metoda se skládá z celkem šesti kritérií, které slouží pro výběr cílů nebo složek systému, které jsou z pohledu útočníka nejvhodnější pro napadení. Prvek nebo infrastruktura jsou posuzovány pomocí těchto kritérií: kritičnost (z pohledu hodnocených dopadů), přístupnost (z pohledu možnosti přístupu k infrastruktuře), obnovitelnost (tj. schopnost obnovy systému), zranitelnost (tj. potencionální zranitelná místa infrastruktury), význam (tj. funkce infrastruktury jako ikony, například kulturní význam) a redundance (tj. možnost náhrady prvku). (Giannopoulos et al., 2012; Lavrenz, 2011) Některá z těchto kritérií byla taktéž využita v kapitole 6.3.

Metoda párového srovnání (**Fullerova metoda**) představuje přístup pro srovnávání kritérií za účelem získání váhových preferencí pro každé kritérium. Při srovnávání se porovnávají vždy dvě kritéria, přičemž z každé dvojice je vybráno to důležitější. Porovnány mezi sebou musí být všechna kritéria. Podle počtu, kolikrát bylo dané kritérium vybráno jako důležitější, jsou pak následně stanoveny váhové preference každého kritéria. Fullerova metoda byla využita v kapitole 6.3 pro stanovení váhových preferencí navrhovaných kritérií analýzy kritičnosti prvků. (Šenovský, 2015)

**Multikriteriální analýza (MCA)** je metoda, která se používá při rozhodování mezi několika alternativami v případech, kdy existuje několik rozhodovacích kritérií. Jedná se o metodu, která shrnuje a třídí informace o jednotlivých variantách nebo možnostech. Pro hodnocení kritérií lze využít kvantitativní i kvalitativní hodnoty. Ty jsou následně převáděny na jednotnou hodnotící škálu a s ohledem na váhu kritéria jsou pak srovnávány mezi sebou. (Šenovský, 2015; Multi-criteria Analysis, 2009) Přístup této metody k hodnocení užitku variant byl využit při tvorbě návrhu v kapitole 6.

## 5 Analýza řešené problematiky

Následující text je zaměřen na analýzu řešené problematiky. První podkapitola předkládá analýzu některých přístupů k určování kritických prvků. Obsah podkapitoly je postaven na obecných přístupech k určování kritických prvků v systémech a také na přístupech, které lze nalézt ve vztahu k sektoru dopravy. Druhou částí této kapitoly je analýza oblastí pro definování kritérií určování kritických prvků v železniční dopravě. V závěru kapitoly je provedena základní analýza metod využitelných pro určování kritických prvků.

### 5.1 Analýza přístupů k určování kritických prvků

Jak již bylo zmíněno výše, analýza přístupů k určování kritických prvků uvedená v této kapitole obsahuje jak obecné přístupy, tak přístupy týkající se sektoru dopravy. Při podrobném zkoumání oblastí určování kritických prvků lze nalézt rozdílnost v terminologii a chápání „kritických prvků“. Některé přístupy jsou zaměřeny na hodnocení kritičnosti prvků kritické infrastruktury, jiné na samotnou kritičnost jakýchkoliv prvků systému. Tato analýza je základním vstupem informací pro vytvoření systému určování kritických prvků železniční dopravy.

Ve spojení se slovem „kritický“ lze v uváděných přístupech nejčastěji nalézt například slova „prvek/uzel/element/komponent/místo/zařízení/aktivum“. Dále se vedle slova „kritický“ často objevují obsahově podobná slova (tedy jakési ekvivalenty), jako například slova „slabý/rozhodující/důležitý/významný/rizikový/klíčový/zranitelný“. V důsledku takto nejednotné terminologie pak dochází k rozdílnému vnímání, kdy např. termín „slabé místo“ je jedním hodnotitelem vnímán jako nízká úroveň kritičnosti a jiným naopak jako nejvyšší, tedy kritický prvek.

#### 5.1.1 Obecné přístupy k určování kritických prvků v systémech

Problematiku infrastruktur lze popsat síťovou strukturou, kde každý prvek může mít určitý význam pro celý systém (Sventeková et al., 2016). Běžně však nelze chránit všechny prvky systému a proto je často volena cesta ochrany „kritických“ prvků, jak uvádí Šenovský et al. (2007). Prvek/uzel/element systému, který je důležitý pro chod systému a jehož nefunkčnost by měla závažné dopady na sledovaný systém, lze označit jako „kritický prvek/uzel/element“ (Robinson et al., 1998). Kritickým komponentem je ta část systému, která by mohla způsobit selhání a velké negativní dopady na schopnost systému poskytovat danou službu (Jönsson et al., 2007).

Indikátorem při hledání kritických prvků může být prahová hodnota provozní stability a spolehlivosti jednotlivých prvků – tedy kritičnosti. Při snaze vyjádřit či definovat kritičnost lze nalézt několik přístupů a kritérií. Podle Procházkové (2012)

lze na kritičnost pohlížet ze dvou hledisek, a to z hlediska společenského (tj. **dopady nefunkčnosti** poskytování služeb na obyvatelstvo) a z hlediska technického (tj. **poruchovost** prvků systémů). Kritické prvky se dají také vybírat podle kritérií **závislosti** (vysoká závislost = kritičnost), **nahraditelnosti** (malá nahraditelnost = kritičnost) a **těsnosti vazeb** (vysoká míra těsnosti vazeb = kritičnost).

Komínek et al. (2006) definují kritičnost jako výsledek zhodnocení vybraných prvků infrastruktury z hlediska **významnosti**, **zranitelnosti**, četnosti ohrožení a vyhodnocení celkové **ohroženosti** a jako východisko pro hledání vhodných nápravných opatření a jejich následnou realizaci. Faktorem významnosti označují hodnotu, která vystihuje relativní významnost prvku při zhodnocení řady dílčích hledisek. Faktorem zranitelnosti pak označují hodnotu popisující různé druhy ohrožení a současně zranitelnost vlastního prvku těmito ohrožením podlehnout. Celková ohroženost je podkladem pro stanovení kritičnosti jako výsledek hodnocení zranitelnosti, četnosti ohrožení a významnosti.

Častou součástí posouzení kritičnosti je také hodnocení vzájemných **závislostí** dané infrastruktury, jak uvádí např. Rinaldi et al. (2001). Zde autoři rozlišují čtyři hlavní třídy závislostí, které se vzájemně nevylučují:

- fyzická (tj. stav, kdy jsou dvě infrastruktury závislé na materiálovém výstupu té druhé);
- kybernetická (tj. stav, kdy infrastruktura závisí na informacích přenášených prostřednictvím informační infrastruktury);
- geografická (tj. stav, kdy jedna místní událost může ve všech infrastrukturách způsobit změny stavu);
- logická (tj. stav, kdy infrastruktura závisí na stavu druhé prostřednictvím mechanismu, který není fyzickým, kybernetickým ani geografickým spojením).

Stanovením hranice mezi tím, které produkty a služby jsou „pouze“ velmi důležité a které jsou životně důležité (tedy až kritické), se zabývali také Luijff et al. (2003) v rámci projektu "Bescherming Vitale Infrastructuur". Cílem projektu bylo vypracování integrovaného souboru opatření na ochranu infrastruktur vlády a průmyslu (včetně informačních a komunikačních technologií). Podle autorů jsou produkt či služba kritické, pokud poskytují zásadní přínos společnosti v zachování definované minimální úrovně kvality anebo pokud by ztráta nebo narušení dané funkce mohlo mít dopad na obyvatelstvo či státní správu. Hodnocení pak probíhá z pohledu služeb a produktů, na kterých je systém **závislý** a z pohledu poskytování služby nebo produktu společnosti, a to s ohledem na **dopady** v případě výpadku dané služby nebo produktu.

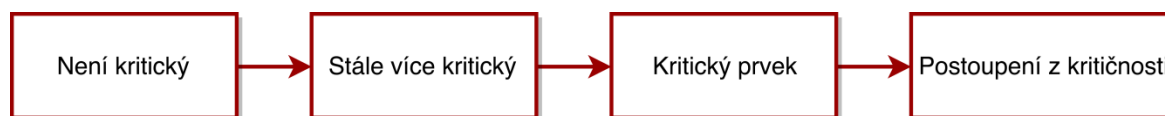
Přístup z pohledu kritérií **rizik** prezentují Vrijling et al. (2004). Cílem příspěvku je seznámit čtenáře se základy rizikových kritérií pro kritické infrastruktury



s ohledem na kritéria společenského rizika a životní cyklus těchto systémů. Autoři uvádí čtyři skupiny rizikových kritérií (Vrijling et al., 2004):

- kritéria založená na opatřeních rizika nákladů a přínosů;
- kritéria založená na základě minulé výkonnosti nebo odhalených preferencí;
- kritéria založená na společenské hodnotě nebo preferencích;
- kritéria na bázi přírodních norem.

Prvky daného systému se mohou podle Egana (2007) vyskytovat v různých stádiích kritičnosti (tzv. spektrum kritičnosti), viz obrázek 4.



Obrázek 4: Spektrum kritičnosti (Egan, 2007)

Kritičnost lze podle stejného autora chápat jako vlastnost systému, která vymezuje jeho obtížnou (či dokonce nemožnou) **nahraditelnost** a zároveň jeho **vliv na celý systém** v případě výpadku jeho funkce. Kritičnost může být dále zvyšována následujícími skutečnostmi (Egan, 2007):

- výpadkem technologie nebo služby, který může vést ke ztrátám (**dopadům**) na zdraví, životech či životním prostředí,
- selháním jedné části systému, které způsobí selhání v celém systému v důsledku vzájemné **závislosti** mezi systémy a prvky systému.

Kritičnost je také ovlivňována možnou velikostí **šíření následků**, tedy množstvím dalších ovlivněných prvků. Taktéž rostoucí **složitost** daného systému může zvyšovat jeho kritičnost. (Egan, 2007)

Přístup ke kritickým prvkům z pohledu **rizik** jednotlivých infrastruktur prezentuje průvodce pro firmy a státní orgány Protecting Critical Infrastructures - Risk and Crisis Management (2008). Průvodce se nezaměřuje jen na stránku rizik pro kritickou infrastrukturu, ale také na kritickou infrastrukturu jako riziko pro společnost. V analýze kritičnosti hodnotí **dopady** výpadků kritických infrastruktur pomocí pěti kritérií (Protecting Critical Infrastructures, 2008):

- životy a zdraví (jaké dopady bude mít narušení procesu na život a zdraví obyvatel);
- časový rámec (jak dlouho po narušení se vyskytnou dopady na celý proces – čím kratší čas tím kritičtější proces);
- velikost (velikost dopadů – zda pouze narušení nebo výpadek celého procesu);
- smluvní, regulační a právní význam (důsledky pro organizaci);
- ekonomické hledisko (finanční škody organizace).

Německá národní strategie (**Nationale Strategie, 2009**) definuje kritičnost jako relativní míru důležitosti dané infrastruktury z hlediska dopadů narušení nebo selhání funkce při zabezpečování zásadních dodávek zboží či služeb společnosti. Kritičnost může mít systémovou nebo symbolickou povahu nebo případně obě tyto charakteristiky. Prvek má systémovou kritičnost, pokud má mimořádně vysokou **vzájemnou závislost** vzhledem k jeho strukturálním, funkčním a technickým pozicím v celém systému (např. prvky elektroenergetiky či informačních a telekomunikačních systémů). Prvek má symbolickou kritičnost, jestliže jeho výpadek díky kulturnímu nebo identifikačnímu významu může způsobit **dopad** ve formě emocionálního otřesu společnosti.

Vztah mezi rizikem a kritičností zkoumají např. Theoharidou et al. (**2009**). Dopady jsou v tomto přístupu základním spojovacím prvkem mezi kritičností a rizikem. Při analýze rizik se totiž podle autorů mohou objevit i typy dopadů, které jsou spojeny s kritickou úrovní systému, ale také dopady, které takto spojeny nejsou. Základní rozdíly analýzy rizik a analýzy kritičnosti prezentuje tabulka 1.

Tabulka 1: Analýza rizik vs. analýza kritičnosti (**Theoharidou et al., 2009**)

	Analýza rizik	Analýza kritičnosti
Hodnotitel	Organizace	Společnost
Rozsah	Interní aktiva	Interní aktiva a vzájemné závislosti
Typ dopadů	Zaměřeno na organizaci	Zaměřeno na společnost
Hrozby	Systém	KI a vzájemné závislosti
Zranitelnost	Systém	KI a vzájemné závislosti
Škála dopadů	Proměnná	Vyšší

Pozn.: KI = Kritická infrastruktura

Metody analýzy rizik se zaměřují především na informace o daném systému, který považují za izolované entity. Proto se jimi podle autorů bez kritických modelů nepodaří zachytit složitost propojení kritických infrastruktur, meziodvětvové dopady či kaskádní efekty. Taktéž je analýza rizik běžně zaměřena pouze na vnitřní dopady, zatímco analýza kritičnosti zvažuje dopady i mimo systém, např. dopady na společnost.

Na základě těchto informací definují autoři kritičnost jako (**Theoharidou et al., 2009**):

- míru podílu infrastruktury k udržení minimální úrovně společnosti, vnitrostátního a mezinárodního práva a pořádku, veřejné bezpečnosti, ekonomiky, veřejného zdraví a životního prostředí; nebo

- úroveň dopadů ztráty nebo narušení infrastruktury na občany nebo na vládu.

Analýza kritičnosti je podle stejných autorů proces hodnocení kritické úrovně infrastruktury. Jedná se o účelový proces analýzy **rizik společnosti** s ohledem na infrastrukturu, které jsou pro společnost zásadní. Analýza kritičnosti se zabývá především **dopady na společnost** namísto organizačních dopadů. Rozsah analýzy je upraven tak, aby zahrnoval **vzájemně závislé infrastruktury** a tím i možné **hrozby a zranitelnosti**. Analýza kritičnosti se provádí na velkých infrastrukturách, které poskytují služby velkému počtu uživatelů/občanů, a proto obvykle mohou způsobit vyšší míry dopadů. (Theoharidou et al., 2009)

Strategic Framework (2010) hodnotí kritičnost na základě tří typů **dopadů**, a to dopad na dodávky základních služeb, hospodářský dopad a dopad na život obyvatel. Prvky jsou následně přiřazovány podle stupně závažnosti dopadu výpadku prvku do jedné z šesti kategorií stupnice kritičnosti infrastruktury, které jsou klasifikovány od CAT 5 (tj. ztráty katastrofálního dopadu s celostátním významem, vnitrostátní dlouhodobé účinky, relativně malá pravděpodobnost) po CAT 0 (tj. minimální ztráty). V rámci kategorií je jasně stanovena hranice kritičnosti. Přiřazení by mělo odrážet nejvyšší kritičnost, které prvek dosáhl ve všech třech hodnocených rozměrech dopadu.

Etymologie výrazu "kritický" je silně spojena s pojmem krize a poukazuje na zásadní nebo rozhodující charakteristiku, situaci, bod zvratu nebo blížící se změnu. Podle analýzy nejčastějších použití termínu „kritický“ v literatuře kritické infrastruktury (Fekete, 2011) lze určit dva aspekty: zaprvé **významnost** a zadruhé **riziko**. Významově je indikována důležitost pro velkou část společnosti. **Riziko** se objevuje tehdy, když se infrastruktura stává hrozbou pro společnost, např. při narušení dodávek služeb obyvatelstvu. Celková kritičnost daného prvku je také spojena se dvěma časovými fázemi zkoumání: normální provozní charakteristika prvku a jeho charakteristika v případě selhání. Tento výzkum byl součástí projektu Kritis-KAT, jehož cílem je vytvoření obecných kritérií pro identifikaci a hodnocení infrastruktur považovaných za "kritické" pro společnost.

Hodnocení kritičnosti je zaměřeno na **dopady** selhání funkce infrastruktury (tj. ztráty na životech, hospodářská ztráta, apod.), **propojení** infrastruktur (kdy selhání jednoho prvku může ovlivnit další prvky) a na **význam** daného prvku pro celý systém. Pro kritičnost pak definuje tři základní charakteristiky (Fekete, 2011):

- kritický rozměr (počet zasažených prvků nebo uzlů infrastruktury);
- kritický čas (doba trvání výpadku, rychlost nástupu krize);
- kritická kvalita (důvěra veřejnosti v kvalitu služby).

Součástí komplexního pohledu na hodnocení kritičnosti prvků infrastruktury je podle autorů Rostek et al. (2014) také problematika **závislostí** (vlivů). Zejména je důležité věnovat pozornost primárním vlivům, které jsou rozhodující pro hodnocení primárních závislostí. Kritéria by měla zahrnovat jak časové hledisko vlivu (tj. doba vlivu, dopadu, nefunkčnosti), tak i míru jeho dopadu na závislou infrastrukturu (tj. ekonomické ztráty). Na základě ocenění primárního vlivu je pak možné zpřesnit výslednou úroveň kritičnosti posuzovaného prvku infrastruktury.

Metodiku pro identifikaci a upřednostňování kritických komponentů ve fyzické infrastruktuře představují také Alsubaie et al. (2015). Navrhovaná metodika využívá simulátor pro **vzájemnou závislost** infrastruktury k vyhodnocení scénářů selhání. Autoři se v článku také zaměřují na možnost rozšířeného modelování vzájemných závislostí v infrastruktuře pomocí uzlů a spojnic. To umožňuje simulovat funkční chování modelované infrastruktury na rozdíl od topologických modelů, které zobrazují pouze vazby mezi nimi.

Častým prostředkem pro definování kritických prvků infrastruktur jsou podle Zhanga et al. (2015) dva základní stupně. Prvním stupněm je negativní vliv na časovou nebo finanční stránku poskytované služby, který se zaměřuje na **dopady** zničení daného prvku infrastruktury. Druhým stupněm je negativní vliv na poskytování základních služeb infrastruktury, který **významně** ovlivní hospodářské nebo společenské cíle obyvatelstva.

Prvním krokem v oblasti investic, řízení a ochrany národní infrastruktury je podle Wanga (2016) identifikace kritických aktiv, kdy je hodnocen vliv **narušení** na čas nebo peníze se zaměřením na ničící účinky na komponenty infrastruktury. Následně je pak hodnocen vliv narušení na základní služby poskytované infrastrukturou, které jsou nezbytné pro dosažení stanovené úrovně hospodářského cíle nebo společenského cíle.

Kritičnost ve vztahu ke **spolehlivosti** prvku definuje ve svém článku Kamenický (2017). Podle autora nemusí mít prvky (stroje, komponenty) pouze jednu kritičnost, kritičnost může být závislá na specifikovaných kritériích poruchy. Do velikosti kritičnosti se promítne nejen samotná porucha (tedy jev, kdy se zařízení porouchá), ale i poruchový stav komponentu (tedy v první řadě doba, po kterou bude prvek v poruchovém stavu) a náklady na odstranění poruchového stavu. Autor dále rozlišuje šest pohledů na kritičnost (Kamenický, 2017):

- kritičnost první - bezpečnostní (z pohledu například zdravotních rizik, nebo vlivu na životní prostředí);
- kritičnost druhá - ovlivnění navazující technologie (umístění zařízení v procesu výroby a následky jeho poruchy);

- kritičnost třetí - zařízení bez údržby (zařízení, která by v případě ukončení údržbových aktiv mohla vykazovat vyšší ztráty);
- kritičnost čtvrtá - zařízení s existující nebo doporučenou údržbou (součet nákladů na prováděnou preventivní údržbu a nákladů s rizikem poruchy při stávajícím systému údržby);
- kritičnost pátá - souhrn nákladů na provoz a údržbu (nejen stránka poruchovosti, ale i náklady spojené s provozem zařízení, jako např. elektrická energie);
- kritičnost šestá - poměr nákladů na provoz a údržbu k pořizovací ceně zařízení (celkové náklady na provoz a údržbu zařízení normované na pořizovací cenu).

### 5.1.2 Přístupy k určování kritických prvků v dopravě

Následující text představuje přístupy k určování kritických prvků uváděné a používané ve vztahu k dopravě. V této podkapitole jsou v úvodu představeny také přístupy ve vztahu k silniční dopravě a to z důvodu vysoké podobnosti funkcí sektorů silniční a železniční dopravy.

V současné době se lze v České republice setkat s různými metodami identifikace, evidence a řešení kritických míst ve vztahu k silniční dopravě. Všechny jsou založeny na údajích o dopravních nehodách, které byly zaznamenány v minulosti na pozemní komunikaci za jisté období. Metodika provádění identifikace kritických míst na pozemních komunikacích je založena na využití očekávaného počtu nehod, který se určuje prostřednictvím modelování dopravní nehodovosti (tzv. predikčním modelováním). Cílem postupů metodiky je identifikovat místa, která jsou kritická vinou působení místních **rizikových faktorů** vyvolaných utvářením pozemní komunikace a jejího bezprostředního okolí. Obecně lze kroky zmíněného postupu využít i v jiných sektorech, tedy i v železniční dopravě. (Striegler et al., 2012)

Vytipováváním kritických míst se také zabývají autoři metodického postupu (Komínek et al., 2006), a to v rámci provádění hodnocení zranitelnosti silniční infrastruktury. Základním účelem metodiky je identifikace kritických míst dopravní infrastruktury, tedy zejména takových zranitelných míst jako jsou mosty, tunely a další umělé stavby. Dílčím účelem je také zhodnocení jejich **zranitelnosti** a možných **následků** při jejich vyřazení nebo destrukci, ekonomické a společenské následky takového vyřazení, ohrožení funkce státní správy a samosprávy a zhodnocení možnosti jejich nahrazení.

V prvním kroku selekce prvků používají autoři například tyto základní obecné otázky (Komínek et al., 2006):

- **významnost dopravní trasy:** otázka významu, intenzity dopravy, existence objízdné trasy, existence jiných inženýrských sítí;

- **společenská významnost:** zda je stavba významným symbolem, zda je zvláštním dílem, zda je umístěna v dohledu široké veřejnosti;
- u mostní konstrukce: otázka délky, rozpětí, charakteru, druhu podpěr, statiky, stavu nosné konstrukce, zatíženosti, přístupů;
- u tunelů: otázka délky, průřezu, druhu dopravy, intenzity, počtu jízdních pruhů, přístupových cest, únikových cest atd.;
- u nadjezdů a křížení sítí: délka a výška, druh a význam, konstrukce, úroveň, zranitelnost, sloupy;
- u mimoúrovňových křižovatek: významnost, důsledky vyřazení;
- u řídicích center: rozsah, závislost, míra snížení výkonu.

U všech otázek autoři doporučují provést expertní ohodnocení ve stupnici: významné, bezvýznamné, nepřipadá v úvahu. Tímto způsobem se omezí výčet hodnocených prvků nejprve podle významnosti dopravní spojnice a poté podle významnosti dalších hledisek. Následuje přidělování váhy a hodnoty kritéria a hodnocení jednotlivých faktorů. Výsledek pak autoři zpracovávají do grafu celkového ohrožení a významnosti. (Komínek et al., 2006)

V rámci sektoru silniční dopravy se odborným definováním kritérií na základě domácích a zahraničních zkušeností zabývali Říha a Dvořák (2013). Podle nich se hodnocení odvíjí od (Říha a Dvořák, 2013):

- základních měřitelných **parametrů dopravy** (tj. intenzita, hustota a propustnost);
- parametrů **stavebního charakteru** (tj. délka tunelu, délka mostu a přemostění a výška mostu);
- náročnosti případné **obnovy** (tj. náklady a doba trvání obnovy na původní parametry);
- **nákladů** na objížděku určeného objektu;
- kulturní a historické **jedinečnosti** objektu.

Stanovením, jakou část infrastruktury je nutné udržet ve funkčnosti pro potřeby ochrany daného systému, se zabývají také autoři Šimák et al (2012). Pro zařazení prvků silniční dopravy mezi prvky kritické infrastruktury se v podmínkách Slovenské republiky používají například kritéria jako intenzita dopravy, velikost stavby (mostu nebo tunelu), náročnost obnovy, materiální nebo finanční hodnota objektu, ekonomický dopad, jedinečnost objektu a pravděpodobnost výskytu mimořádné události (Šimák et al., 2012).

Podle Fuchse (2007) jsou v rámci Evropského společenství pro identifikaci potenciální kritické infrastruktury navrženy následující faktory:



- **rozsah** - velikost ztráty je dána rozlohou geografické oblasti, která může být zasažena touto ztrátou nebo výpadkem - mezinárodní, národní, regionální či místní;
- **důležitost** - stupeň důsledku či poškození (žádný, minimální, mírný nebo významný). Mezi kritéria stanovující potenciální důležitost patří například:
  - veřejný dopad (množství postiženého obyvatelstva, ztráty na životech);
  - ekonomika (vliv na HDP);
  - životní prostředí (dopad na přilehlou oblast);
  - vzájemná propojenost (s ostatními prvky kritické infrastruktury);
  - politická kritéria (důvěra ve schopnost vlády);
- **vliv času** - do jaké doby po kolizi prvku infrastruktury bude následovat jeho vážný dopad (okamžitý, do 24 - 48 hodin).

Identifikací specifických "slabých míst/kritické infrastruktury" v dopravní síti, kde by selhání některé části dopravní infrastruktury mělo závažné účinky na přístup k určitým místům a celkovému výkonu systému, se zabývali také Taylor a D'este (2003). Autoři ilustrují pojem síťová zranitelnost a rozdíl mezi spolehlivostí sítě a zranitelností. Pojem **zranitelnost** je silněji spojen s důsledky selhání funkce systému, bez ohledu na pravděpodobnost selhání. V některých případech selhání může být statisticky nepravděpodobné, ale výsledné nepříznivé sociální a ekonomické dopady na komunitu mohou být dostatečně velké.

Přes matici kritičnosti s parametry pravděpodobnosti a následků hodnotí dopravní infrastrukturu Fuchs et al. (2011). V rámci posuzování kritičnosti dopravní infrastruktury autoři představují dvě metodiky. První je zaměřena na posuzování **vzájemných vazeb** dílčích infrastruktur a na posuzování **citlivosti** na **narušení** funkčnosti. Druhá je pak zaměřena na posuzování kritičnosti pro vytypované druhy **ohrožení**.

Výpočtem hodnoty kritičnosti dopravní infrastruktury se zabývají také Dvořák et al. (2012). Jako vhodný aparát doporučují využít kvantitativní metody s cílem:

- získat přiměřené hodnoty poskytovaných služeb;
- vyjádřit **důsledky** ztráty poskytované služby sektorů a podsektorů kritické infrastruktury.

Bodové objekty železniční infrastruktury je podle autorů (Dvořák a Lusková, 2012) potřeba hodnotit podle vícero kritérií (k významným patří například **náklady** na obnovu objektu, **vliv** na zdraví a bezpečnost, **délka** objízdné trasy, **intenzita** dopravy, **dobu** do obnovy objektu). Toto hodnocení využili autoři také v rámci projektu Žilinské univerzity „Ochrana kritické infrastruktury v sektoru doprava“, kde hodnotili jednotlivé prvky železniční infrastruktury jako prvky kritické infrastruktury.

Se zaměřením na hodnocení **vzájemných závislostí** prvků železniční infrastruktury pracují také Novotný et al. (2015b). V rámci navrhovaného modelu pro železniční infrastrukturu provádí autoři analýzu třech hlavních rozměrů: fyzického (tj. posouzení důležitosti prvků v rámci železniční sítě), geografického (tj. vyhodnocení charakteru napojení nebo významnost křížení daných infrastruktur) a společenského (tj. dopady na společnost). Tímto krokem je možno do procesu posuzování kritičnosti implementovat problematiku vzájemných závislostí a systémový přístup posuzování kritičnosti.

Identifikace kritických prvků jakékoliv sítě může jejím správcům pomoci při všech preventivních činnostech před vznikem katastrofických poruch nebo při přidávání potřebné redundance pro zvýšení odolnosti železniční sítě. V článku autorů Bababeik et al. (2017) se kritéria kritičnosti prvku nebo vazby měří výpočtem zvýšených **nákladů** nebo **zpoždění** při narušení tohoto prvku.

Autoři Leitner et al. (2017) identifikují důležité části železniční infrastruktury na úrovni sítě a na úrovni objektu. Na základě jednotlivých kritérií autoři získají index **významu** úseku (např. podle kritérií výkonnosti, kategorie oddílu, výskytu důležitých typologických prvků) a index **důležitosti**, který autoři získají vztahem obecného indexu významu objektu (např. kritérium pravděpodobnosti výskytu nežádoucí události, možné objížd'ky) a specifického indexu objektové důležitosti (tj. specifická kritéria pro jednotlivé objekty).

Jako hlavní faktory při určování rozsahu možných **dopadů** způsobených narušením prvků kritické infrastruktury označují autoři Dvořák et al. (2017):

- velikost oblasti, která by mohla být ztrátou ovlivněna;
- nedostupnost prvků;
- úroveň dostupnosti redundance.

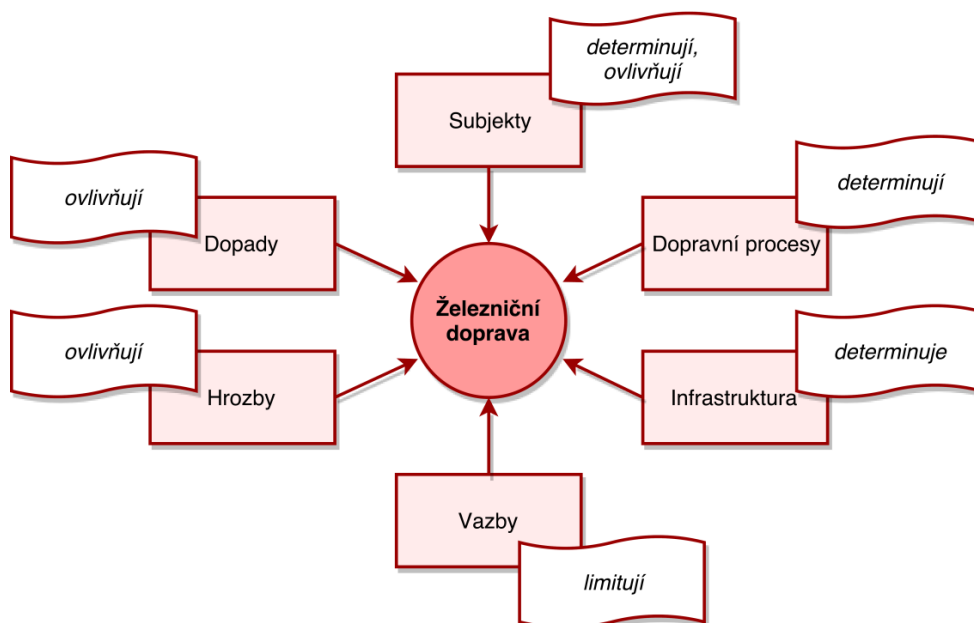
Dále autoři hodnotí **významnost** infrastruktury pomocí indikátorů dopadů (na obyvatelstvo, na ekonomiku, na životní prostředí, politické dopady a synergický a kumulativní účinek jednotlivých dopadů), z časového hlediska (krátkodobé až dlouhodobé) a z hlediska stupně dopadů (zanedbatelné až extrémní). (Dvořák et al., 2017)

## 5.2 Analýza oblastí pro definování kritérií určování kritických prvků v železniční dopravě

Železniční doprava je v základu tvořena (**determinována**) subjekty železniční dopravy (tj. provozovatelé dráhy, provozovatelé drážní dopravy, Ministerstvo dopravy ČR apod.), železniční dopravní infrastrukturou (tj. stavby dráhy, drážní zařízení, kolejnice apod.) a dopravními procesy (vytvářené dle plnění jízdných řádů



a požadavků na dopravní obslužnost). Železniční dopravu výrazně **ovlivňuje** (působí na ni) řada hrozeb, jejichž vliv může dosahovat různých úrovní rizika a způsobovat různé dopady na fungování železniční dopravy. Železniční doprava je dále **limitována** (omezována) vazbami, které se v tomto subsystému vyskytují. Přehled oblastí prezentuje obrázek 5.



Obrázek 5: Oblasti determinující, limitující a ovlivňující železniční dopravu

Pro stanovení kritérií určování kritických prvků železniční dopravy je potřeba analyzovat požadavky, které vyplývají z jednotlivých oblastí představených výše. Následující podkapitoly jsou proto zaměřeny na základní analýzu těchto požadavků. Tyto informace slouží jako další vstup při tvorbě kritérií kritičnosti prvků železniční dopravní infrastruktury v návrhové části práce.

### 5.2.1 Subjekty železniční dopravy a jejich požadavky na železniční dopravu

Každý subsystém je mimo jiné determinován primárně subjekty, které v rámci jeho působení buďto produkují nebo využívají danou službu. Taktéž mohou mít na subsystém vliv subjekty, které do samotné produkce služby zasahují jiným způsobem (například jako gestor daného systému). Mezi nejvýznamnější subjekty, které oblast železniční dopravy determinují nebo ovlivňují, lze zařadit např.:

- Ministerstvo dopravy České republiky jako gestor sektoru dopravy;
- provozovatelé dráhy (např. Správa železniční dopravní cesty, státní organizace);
- provozovatelé drážní dopravy (např. České dráhy, a.s.);
- objednatelé přepravy (tj. přepravci v nákladní dopravě a cestující v osobní dopravě);

- kraje;
- Drážní úřad;
- Drážní inspekce;
- Úřad pro přístup k dopravní infrastruktuře.

Ministerstvo dopravy České republiky odpovídá za implementaci požadavků dopravní politiky (2013). Dopravní politika, jakožto vrcholový strategický dokument Vlády České republiky pro sektor dopravy, označuje tento sektor jako jednu z důležitých oblastí národního hospodářství, veřejného i soukromého života a podnikatelské sféry. Jde o sektor, který je nutnou podmínkou pro zvyšování **konkurenceschopnosti** České republiky a který výrazně přispívá do příjmové stránky veřejných rozpočtů. Při hodnocení úrovně regionální konkurenceschopnosti se pozornost také zaměřuje na **soudržnost** regionů, dobré **dopravní napojení** na ekonomická centra a celkovou **dopravní obslužnost**. Jedním z klíčových faktorů pro zvyšování konkurenceschopnosti firem je také požadavek na optimalizovaný **logistický systém**.

Dopravní politika se dále zabývá otázkou práv cestujících či vytvářením podmínek pro rozvoj cestovního ruchu. Po stránce provozu a bezpečnosti se dopravní politika zaměřuje například na **snižování dopadů** z nepravidelností provozu či na zvyšování **bezpečnosti** dopravy. Výrazným cílem průřezového charakteru je také snižování dopadů na veřejné **zdraví** a **životní prostředí**. Ministerstvo dopravy vstupuje do systému železniční dopravy také s požadavkem na zajištění **dopravních potřeb státu**. (Dopravní politika, 2013; České dráhy, 2008)

Významnými subjekty, které kladou své požadavky na systém železniční dopravy, jsou provozovatelé dráhy. Nejvýznamnějším provozovatelem železničních drah na území České republiky je státní organizace Správa železniční dopravní cesty. Ta hospodáří s majetkem státu, který tvoří železniční dopravní cestu (Zákon 77, 2002). V zájmu této státní organizace primárně je, aby železniční doprava na její dopravní cestě probíhala **plynule** a **bezpečně**. V užším zájmu bezpečnosti železniční dopravy se bezpečnostní politika organizace zaměřuje např. na **ochranu** (Bezpečnostní řád, 2013):

- **provozní bezpečnosti** železniční dopravní cesty;
- **osob a majetku** v souvislosti s provozovanou železniční dopravní cestou;
- **životního prostředí**.

Z pohledu podnikatelského zájmu provozovatele drah lze také spatřovat požadavek na **finanční zisk**, který je však výrazně ovlivňován nutnými **náklady** na plnění povinností (tj. např. zajištění provozuschopnosti a bezpečnosti drah, zajištění údržby a oprav drah či zajištění modernizací a rozvoje železničních dopravních cest). Z podnikatelského hlediska má provozovatel dráhy také zájem na **logickém**

**uspořádání** systému a to hlavně z pohledu pravidelnosti a plynulosti dopravy. (Zákon 77, 2002; Zákon 266, 1994)

Taktéž provozovatelé drážní dopravy výraznou mírou determinují systém železniční dopravy. Nejvýznamnějším provozovatelem drážní osobní dopravy je akciová společnost České dráhy, železniční nákladní dopravu pak provozuje nejvýrazněji dceřiná společnost ČD Cargo, a.s. Předmětem podnikání společnosti České dráhy, a.s. je provozování železniční dopravy. (Zákon 77, 2002; České dráhy, 2008; Dopravní politika, 2013)

Podnikatelským cílem provozovatelů drážní dopravy je jistý **finanční zisk**. Ten je výrazně závislý na zájmu objednavatelů dopravy o konkrétního dopravce, na **ceně** za využívání dopravní infrastruktury a taktéž na nákladech na provozování drážní dopravy. Významně je pozornost provozovatelů drážní dopravy taktéž zaměřena na **bezpečnost** osob i životního prostředí a **plynulost** dopravy. Detailněji pak lze spatřovat požadavek na zajištění logických a časových **návazností** možných spojů, územní **dostupnost**, adekvátní **rozvoj** a **modernizaci** železniční dopravy atd. Provozovatelé drážní dopravy jsou také hlavními plniteli ve věci **dopravní obslužnosti** kraje a plnění **dopravních potřeb státu**. (Prohlášení o dráze, 2016; Dopravní politika, 2013; Zákon 266, 1994; České dráhy, 2008; Binko, 2008)

Objednateli přepravy jsou v nákladní dopravě konkrétní přepravci a v osobní dopravě cestující. V základu lze v požadavcích objednatelů přepravy spatřovat dvě základní hlediska, a to hledisko času a hledisko standardu. **Časové hledisko** se zaměřuje například na požadavek nejkratší cesty a návaznosti jednotlivých spojů. Hledisko **standardu** lze spatřovat v adekvátní **ceně**, **pohodlí** (například moderními prvky), logické **návaznosti**, **dostupnosti**, **plynulosti** spojů a **dopravní obslužnosti** území. Samozřejmostí je požadavek na **bezpečnost** železniční dopravy. (Dopravní politika, 2013; Cempírek a Zákorová, 2016)

V neposlední řadě vstupují do systému železniční dopravy taktéž kraje a to primárně s požadavkem na zajištění **dopravní obslužnosti** daného území (České dráhy, 2008). S tou jde ruku v ruce požadavek na **dostupnost** dopravy, **návaznost** spojů a samozřejmě **bezpečnost** dopravy. Dále mohou kraje na železniční dopravě vyžadovat jistou snahu o zvyšování úrovně a kvality železniční dopravy pro zvyšování **konkurenceschopnosti** regionu a přispění železniční dopravy do oblasti cestovního ruchu.

V systému železniční dopravy hrají roli také Drážní úřad, Drážní inspekce a Úřad pro přístup k dopravní infrastruktuře. Státní správu v oblasti drah vykonává Drážní úřad, jehož hlavním posláním je udržování a zvyšování **bezpečnosti** provozování jednotlivých drah. Drážní inspekce odborně šetří **příčiny** a okolnosti **mimořádných událostí** (nehod) s cílem zabránit jejich opakování a zajistit trestněprávní

odpovědnost konkrétních osob. Úřad pro přístup k dopravní infrastruktuře rozhoduje a reguluje ve věcech **přístupnosti** drah, **omezení** provozování drah, ve věcech **přidělování kapacit** apod. (Drážní inspekce, 2008; Drážní úřad, 2016; Zákon 320, 2016)

Výše uvedené požadavky některých subjektů železniční dopravy se mohou v jednotlivých bodech shodovat. Pro přehlednost byly základní požadavky sloučeny do tabulky 2.

Tabulka 2: Základní požadavky subjektů železniční dopravy

	MD ČR	Provozovatel dráhy	Provozovatel drážní dopravy	Kraje	Objednatel přepravy
<b>Konkurenceschopnost</b>	X			X	
<b>Modernizace</b>		X	X		X
<b>Dopravní obslužnost</b>	X		X	X	X
<b>Logický systém</b>	X	X	X	X	X
<b>Bezpečnost</b>	X	X	X	X	X
<b>Plynulost</b>	X	X	X		X
<b>Zisk</b>		X	X		

Pozn.: MD ČR = Ministerstvo dopravy České republiky

V tabulce výše se nevyskytují Drážní úřad, Drážní inspekce a Úřad pro přístup k dopravní infrastruktuře, a to z důvodů jejich specifických požadavků na železniční dopravu, kdy tabulka prezentuje přehled základních požadavků.

### 5.2.2 Dopravní procesy a jejich požadavky na železniční dopravu

Doprava jako taková je výrazně determinována dopravními procesy, které ve společné harmonii a logické návaznosti přispívají ke správnému fungování celého systému. Jednotlivé železniční dopravní procesy jsou tedy stěžejním podkladem pro plnění očekávané funkce železniční dopravy.

Nejvýznamnějšími aktéry dopravních procesů jsou jednotliví provozovatelé železničních dráhy a provozovatelé železniční dopravy. Procesy v železniční dopravě lze rozčlenit na místní procesy (pro zabezpečení dopravního provozu ve stanicích)

a síťové procesy (pro zabezpečení dopravního provozu na železniční dopravní síti). (Gašparík a Kolář, 2017; Prohlášení o dráze, 2016)

Dopravní řád drah (Vyhláška 173, 1995) definuje pro provozování dráhy pravidla, které stanovují způsob a podmínky pro:

- zabezpečení dráhy;
- obsluhu dráhy;
- organizování drážní dopravy;
- opatření při mimořádných událostech.

Ve smyslu předpisu pro organizování a provozování drážní dopravy (1997) je nutné jednat tak, aby byla zaručena **bezpečnost**, **pravidelnost** a **plynulost** železniční dopravy. Bezpečnost spočívá také v důsledném dodržování řady předpisů (např. Směrnice 49, 2004; Bezpečnostní řád, 2013; Předpis, 2016 a další) a dalších opatření týkajících se provozu všemi zúčastněnými zaměstnanci. Cílem vydaných opatření je zamezit ohrožení **bezpečnosti lidí** a **provozu** a značných hmotných **škod**. Tyto požadavky musí být splněny taktéž v situacích, které nejsou běžné, tedy za mimořádných událostí nebo výluk. (Předpis, 1997; Becherová a Hošková-Mayerová, 2017)

Nástrojem k plnění bezpečnostních požadavků výše je dopravní služba, kterou je souhrn činností pro **zabezpečení jízd** vlaků a **posunů** vlaků. Organizování a provozování drážní dopravy se provádí příslušnými pokyny. Základním dokumentem pro organizování dopravy ve stanicích a souhrnem místních opatření pro výkon dopravní služby ve stanici je staniční řád. (Vyhláška 376, 2006; Předpis, 1997)

V rámci požadavku na pravidelnost je potřeba aby každý vlak jel podle **jízdního řádu**. Jsou-li vlaky zpožděny je potřeba dopravu organizovat tak, aby byla zachována **bezpečnost** provozu a **zpoždění** vlaků se **snižovalo** a **nepřenášelo** na jiné vlaky. Vyžaduje-li to hospodárnost provozu nebo dopravní situace, může se vlak ze stanice vypravit s náskokem, tj. před dobou stanovenou jízdním řádem. (Předpis, 1997; Dopravní politika, 2013)

Z pohledu plynulosti železniční dopravy vyvstává další řada požadavků, jejichž nedodržení by mohlo působit narušení plynulosti i bezpečnosti dopravy. Obecně lze tyto požadavky rozdělit na oblast přípravy vlaků a samotné jízdy vlaků. Dopravní procesy před započítáním jízdy vyžadují čas a prostor pro **přípravu** vlaku (například pro sestavení vlakové soupravy, její úklid či předtopení, naložení nákladu či nástup cestujících apod.). Všechny tyto činnosti musí probíhat tak, aby byla zachována **bezpečnost** a **plynulost** provozování drážní dopravy. V rámci samotné jízdy se jedná primárně o požadavky na **volnost vlakové cesty**, volnost koleje, kde má vlak zastavit,

**možnosti křížení a předjíždění vlaků, komunikace** mezi vlakem a dalšími subjekty, apod. (Předpis, 1997; Vyhláška 173, 1995)

### 5.2.3 Infrastruktura a technické požadavky na ni kladené

Nosnou bází každého subsystému je infrastruktura, která daný subsystém determinuje. Infrastruktura železniční dopravy je tvořena řadou specifických zařízení, na něž se vztahuje množství technických norem, legislativních dokumentů, vnitřních předpisů a výrobních požadavků. Základní přehled těchto požadavků, norem a dokumentů představuje text níže.

Zajištění **provozuschopnosti**, kvalitní **údržby** a **oprav** dopravní infrastruktury jsou podle dopravní politiky (2013) klíčové a musí být přednostně finančně zabezpečeny. Bez splnění těchto požadavků se budou postupně vložené investice do dopravní infrastruktury znehodnocovat. Důležitými body na mezinárodním poli jsou také adekvátní **rozvoj** a **modernizace** železniční infrastruktury.

Podle Směrnice o bezpečnosti železnic (Směrnice 49, 2004) je důležité, aby byla zachována úroveň bezpečnosti infrastruktury. **Bezpečnost** by měla být v souladu s technickým a vědeckým pokrokem a při zohlednění konkurenceschopnosti železniční dopravy dále zvyšována, pokud je to prakticky proveditelné.

Podmínky pro stavbu a provozování železničních drah řeší primárně zákon o dráhách (Zákon 266, 1994). Požadavky na prostorovou **průchodnost** a **přechodnost** drážních vozidel se zřetelem na provozní potřeby drah, **traťové zatížení**, **geometrické uspořádání** a další požadavky pak definuje technický a stavební řád drah (Vyhláška 177, 1995). Ty dráhy, které jsou zařazeny do evropského železničního systému, dále podléhají požadavkům nařízení vlády o technických požadavcích (Nařízení vlády 133, 2005). Zde je pozornost zaměřována mimo jiné na zajištění **bezpečného** a **nepřerušovaného provozu** s požadovanou výkoností, bezpečností a **kvalitou dopravy**. Projektování drah a určení základních technických podmínek pro stavbu a zařízení dráhy stanovuje česká technická norma (ČSN 73 6301, 1998).

V rámci drážních zařízení lze nalézt nespočet technických norem, které definují různé bezpečnostní i jiné požadavky na drážní zařízení. Výčet některých norem je uveden v textu níže.

Stanovení a prokázání ukazatelů **bezporuchovosti**, **pohotovosti**, **udržovatelnosti** a **bezpečnosti** (tzv. RAMS) drážních zařízení přispívá zásadním způsobem k jakosti služeb poskytovaných provozovatelem drah (ČSN EN 50126, 2001). Konstrukce drážních zařízení musí přispívat k **bezpečnému**, **spolehlivému**, **hygienickému** a **ekologickému** provozu (Vyhláška 100, 1995).



Prostorové uspořádání staveb, rozměrové parametry tratí, mostů a tunelů pro **průchodnost** drážních vozidel stanovuje technický a stavební řád drah (Vyhláška 177, 1995). Na projektování nově navrhovaných mostních objektů (tj. mosty trvalé i zatímní, propustky a lávky) a opěrných zdí, které se nacházejí na dráze celostátní a drahách regionálních se pak zaměřuje česká technická norma (ČSN 73 6201, 2008).

Sdělovací zařízení musí umožňovat **spolehlivý** přenos informací pro řízení a dorozumění mezi osobami zúčastněnými na provozování dráhy a drážní dopravy, pro funkci drážních technologických zařízení, automatizačních systémů dráhy a pro informování cestujících. (Vyhláška 177, 1995)

Podmínky pro zabezpečovací zařízení opět definuje technický a stavební řád drah (Vyhláška 177, 1995). Jednou z podmínek je, že zabezpečovací zařízení musí být navrženo a provedeno tak, aby zajišťovalo svojí funkcí **bezpečné** provozování dráhy a drážní dopravy a umožňovalo její řízení.

Rámcové požadavky, které musí být splněny při návrhu, výstavbě i provozu zabezpečovacího zařízení a jejich částí a které slouží k zajištění **bezpečnosti** jízdy vlaků a zabezpečeného posunu stanovuje česká technická norma (ČSN 34 2600 ed. 2, 2009). Pro zajištění **bezpečnosti** a řízení pohybu v rámci přejezdových zabezpečovacích zařízení stanovuje požadavky na provoz, obsluhu a údržbu česká technická norma (ČSN 34 2650 ed. 2, 2010).

V rámci zabezpečení dráhy jsou také definovány podmínky pro označování zařízení dráhy, návěstění či pro **viditelnost** návěstidel (Vyhláška 173, 1995). Nejvýznamnější interní směrnici státní organizace Správa železniční dopravní cesty s požadavky na návěstní systémy je dopravní a návěstní předpis (2013).

Všechna elektrická zařízení musí být primárně provedena a provozována tak, aby vytvářela **spolehlivý, bezpečný** a vzájemně **kompatibilní systém** (Vyhláška 173, 1995). Požadavky na projektování, stavbu, údržbu a rekonstrukci vybraných elektrických zařízení a požadavky pro připojování elektrických drážních zařízení na distribuční soustavu stanovuje česká technická norma (ČSN 37 6605 ed. 2, 2012).

Železniční přejezd musí svým provedením vyhovovat bezpečnému provozování drážní dopravy a musí zajistit **bezpečnost** účastníků provozu na pozemních komunikacích (Vyhláška 177, 1995). K železničním přejezdům a přechodům se vztahuje primárně česká technická norma (ČSN 73 6380, 2004). Ta stanovuje požadavky pro navrhování, stavbu a přestavbu křížení pozemních komunikací s dráhami v úrovni kolejí včetně požadavků na úpravy okolí přejezdů.

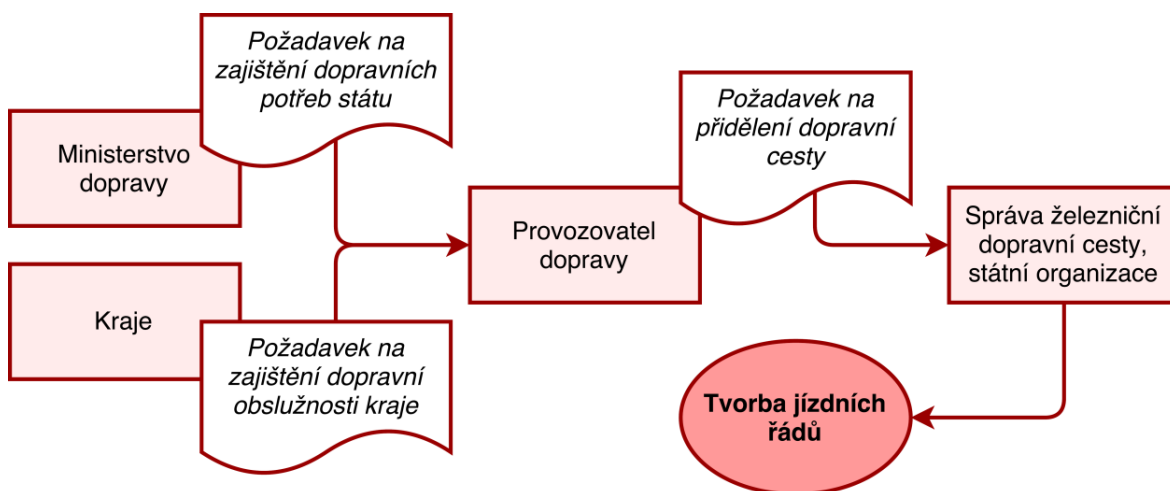
Vybavenost železniční stanice a železniční zastávky definuje technický a stavební řád drah (Vyhláška 177, 1995) a také česká technická norma (ČSN 73 6310, 1996). Tato

norma platí pro navrhování novostaveb, **modernizací** a přestaveb stanic a výhyben, určuje základní projektové prvky a obsahuje všeobecné zásady jejich použití.

#### 5.2.4 Vazby v železniční dopravě

Limitujícím faktorem pro každý subsystém jsou jeho vazby. Nejvýznamnější vazbu v železniční dopravě lze spatřovat ve vztahu **provozovatele dráhy** a **provozovatele drážní dopravy**. Bez vazby a spolupráce mezi těmito subjekty nemůže železniční doprava probíhat.

Provozovatel dráhy (případně vlastník dráhy nebo zástupce vlastníka dráhy) propůjčuje dle dohody dráhu k užívání provozovateli drážní dopravy. Vše probíhá na základě požadavků na plnění **dopravních potřeb státu** (zadáva ministerstvo dopravy dopravci) a **dopravní obslužnosti území kraje** (zadáva kraj dopravci) a dle **požadavků na přidělení kapacity dopravní cesty** (komunikace mezi dopravci a provozovatelem dráhy). Následujícím krokem je pak **tvorba jízdních řádů**. Zpracovatelem jízdních řádů pro jednotlivé vlaky je Správa železniční dopravní cesty, s. o., která zohledňuje požadavky všech železničních dopravců. (**Zákon 266, 1994; Zákon 194, 2010; České dráhy, 2016, Štěpán, 2015**) Vazbu mezi těmito subjekty lze demonstrovat např. na procesu tvorby jízdních řádů (viz obrázek 6).



Obrázek 6: Proces tvorby jízdních řádů

Železniční doprava je taktéž závislá na řadě energií, kdy mezi nejvýznamnější lze zařadit elektrickou energii. Dalšími důležitými energiemi, například pro komfort zaměstnanců, jsou také voda, teplo a plyn. Tedy lze říci, že nefunkčnost vazeb s **dodavateli** těchto **energií** může jistým způsobem omezovat funkčnost systému železniční dopravy a to primárně v případech výpadku dodávek.

Vedle dodávek energií má železniční doprava úzkou vazbu také na **dodavatele speciálních služeb** nebo **výrobků**. Jedná se například o dodavatele prací (např.



činnosti některých oprav, zakázky pro modernizaci, apod.), dodavatele informačních a komunikačních systémů (nejen běžné informační systémy, ale také např. systémy pro řízení dopravy), dodavatele jednotlivých zařízení či dalších speciálních částí.

### 5.2.5 Hrozby a rizika pro železniční dopravu

Každý systém je výrazně ovlivňován hrozbami, které na něj působí. Ty lze rozdělit podle několika hledisek, např. na hrozby uvnitř systému a hrozby vně systému; nebo také na hrozby závislé či nezávislé na lidské činnosti. Taktéž lze v systému železniční dopravy definovat rizika a ohrožení (Dvořák et al., 2010):

- přepravních procesů;
- v okolí dopravního systému;
- dopravní infrastruktury;
- v řízení železniční dopravy;
- železničních drážních vozidel;
- v železniční dopravě z pohledu lidského činitele;
- z hospodářského pohledu.

Přehled identifikovaných hrozeb, které ohrožují aktiva Správy železniční dopravní cesty, a které vycházejí z typových krizových situací, obsahuje zejména tyto **hrozby** (Pittner, 2018; Analýza hrozeb, 2015; Bezpečnostní strategie, 2015):

- povodně velkého rozsahu;
- jiné živelné pohromy (např. požáry, sněhová kalamita, vichřice, sesuvy půdy);
- epidemie, hromadné nákazy osob;
- havárie velkého rozsahu z vnějšího prostředí;
- narušení hrází velkých vodních děl;
- narušení dodávky nafty, mazadel a ropných produktů velkého rozsahu;
- narušení dodávky elektrické energie velkého rozsahu;
- narušení funkčnosti dopravní soustavy velkého rozsahu;
- narušení funkčnosti telekomunikačních a informačních vazeb;
- narušení zákonnosti velkého rozsahu.

Železniční dopravu však mohou ohrozit na funkčnosti nejen hrozby vycházející z typových krizových situací, ale také hrozby z pohledu mimořádných událostí. Na základě aktuálních hrozeb a na základě údajů ze statistik mimořádných událostí na železnici byla identifikována následující **rizika** pro železniční dopravu (Slivková, 2015; Předpis, 2017):

- střet vlaku s osobním automobilem na přejezdu;
- usmrcení civilní osoby jedoucím vlakem;
- střet vlaku se zvěří;
- najetí vlaku na překážku na železniční dopravní cestě;

- najetí vlaku do sesuvu půdy na dráze;
- srážka drážních vozidel;
- vykolejení drážního vozidla;
- mimořádnost způsobená vadou materiálu dráhy;
- mimořádnost způsobená poruchou na řídicích technologiích;
- výpadek dodávek nasmlouvaných energií, zejména elektřiny;
- požár v ochranném pásmu dráhy;
- únik nebezpečné látky v ochranném pásmu dráhy;
- krádeže a sabotáže na vybavení dráhy;
- povodeň v obvodu dráhy;
- sněhová kalamita v obvodu dráhy.

Mezinárodní železniční unie (UIC) taktéž sleduje a vyhodnocuje závažné mimořádné události v železniční dopravě a to v rámci „Databáze bezpečnosti UIC“. Ty se z pohledu kauzálních příčin člení na (Štěrbá, 2015):

- infrastrukturu (kolejnice, trať, umělé stavby, zabezpečovací zařízení aj.);
- vozidla (trakční, tažená aj.);
- lidský faktor (zaměstnanci podle profesí, dodavatelé);
- uživatelé (cestující, přepravci);
- počasí (mlha, povodeň, námraza) a prostředí (zvířata, padlý strom, zával aj.);
- třetí osoby (vstup do kolejiště, úrovněvé přejezdy);
- nezjištěné.

### 5.2.6 Možné dopady výpadku železniční dopravy

Taktéž je systém výrazně ovlivňován dopady, které mohou vzniknout v případě narušení subsystému. Stejně tomu je tak i v případě železniční dopravy, kdy její chod mohou výrazně ovlivnit možné dopady na jednu z jejích částí.

Možné dopady jsou úzce spjaty s **hrozbami a riziky** uvedenými v kapitole výše. Dopady se mohou projevovat **na všech částech železniční dopravy**. Jako příklad lze uvést např. dopady na (Pittner, 2018):

- subjekty železniční dopravy (např. finanční ztráta provozovatele, časový dopad na objednatele, aj.);
- dopravní procesy (např. ve formě zpoždění či komplikací v organizaci železniční dopravy);
- infrastrukturu (např. poškození prvku infrastruktury);
- na funkčnost vazeb (např. omezení dodávek, nutnost náhradních zdrojů).

Nejčastějšími kritérii pro hodnocení dopadů jsou (například podle **Protecting Critical Infrastructures, 2008; Strategic Framework, 2010; Kamenický, 2017; Fekete, 2011; Dvořák et al., 2016**):

- vliv dopadů na životy a zdraví obyvatel;
- vliv dopadů na běžný život obyvatel (např. zpožděný dojezd do práce, zpoždění dodávky výrobku);
- vliv dopadů na životní prostředí;
- časový rámeček dopadů (tj. časová ztráta účastníků dopravy, např. délka výpadku nebo omezení);
- velikost dopadů (tj. narušení nebo výpadek systému);
- smluvní, regulační a právní význam (tj. vliv na kvalitu a dobré jméno provozovatele);
- ekonomické hledisko (tj. finanční újma způsobená narušením dopravy, náklady na obnovu dopravy).

Na základě výše uvedeného je možné identifikovat vztah subjektů železniční dopravy k jednotlivým oblastem dopadů (viz tabulka 3). Tabulka níže byla vytvořena pro základní subjekty železniční dopravy a jejich možné vztahy k základním oblastem dopadů výpadku nebo narušení železniční dopravy.

Tabulka 3: Vztah subjektů železniční dopravy k jednotlivým oblastem dopadů

	MD ČR	Provozovatel dráhy	Provozovatel drážní dopravy	Kraje	Objednatel přepravy
<b>Vliv na zdraví a životy</b>	X	X	X	X	X
<b>Vliv na běžný život</b>	X			X	X
<b>Vliv na životní prostředí</b>	X	X	X	X	
<b>Časová ztráta</b>		X	X		X
<b>Velikost dopadů</b>		X	X		
<b>Vliv na kvalitu provozovatele</b>		X	X		
<b>Ekonomická ztráta</b>		X	X		X

Pozn.: MD ČR = Ministerstvo dopravy České republiky

Ministerstvo dopravy budou primárně zajímat dopady na zdraví a životy obyvatel, dopady na běžný život (dle dopravních potřeb státu) a dopady na životní prostředí.

Provozovatele dráhy i provozovatele drážní dopravy budou zajímat dopady na zdraví a životy obyvatel i dopady na životní prostředí. Z procesního hlediska se budou zajímat také o časovou ztrátu a velikost dopadů. V neposlední řadě bude pozornost zaměřena taktéž na kvalitativní a ekonomickou stránku dopadů. Kraje se budou podobně jako ministerstvo dopravy zajímat o dopady na zdraví a životy obyvatel, dopady na běžný život (dle požadavků na dopravní obslužnost kraje) a o dopady na životní prostředí. Objednatele přepravy budou primárně zajímat dopady na zdraví a životy, běžný život i časovou ztrátu v jejich požadované přepravě. Taktéž je bude zajímat vlastní ekonomický dopad.

### 5.3 Analýza metod využitelných pro určování kritických prvků

Následující text představuje základní analýzu významných a nejčastěji používaných metod využitelných pro určování kritických prvků systému. Představení některých metod bylo provedeno již v rámci kapitoly 4, z tohoto důvodu jsou tyto metody představeny jen obecně. V rámci analýzy každé metody jsou také naznačeny její výhody či nevýhody a potenciálně využitelné části. Na základě informací získaných z těchto analýz je v návrhové části disertační práce navržen systém určování kritických prvků železniční dopravy.

#### CARVER2

Nástroj CARVER2 byl vyvinut, aby sloužil potřebám analýzy kritické infrastruktury především z pohledu požadavků tvůrců bezpečnostních politik. Posuzování infrastruktury a jejích prvků probíhá pomocí šesti různých kritérií (kritičnost, přístupnost, obnovitelnost, zranitelnost, význam a redundance). V rámci posouzení taktéž probíhá hodnocení vzájemných závislostí napříč odvětvími. (Giannopoulos et al., 2012, Lavrenz, 2011)

Výhody tohoto nástroje lze spatřovat zejména v možnosti komplexního hodnocení pomocí řady kritérií. Na druhé straně je tento nástroj méně vhodný v technicky propojených systémech, protože nerespektuje některé vazby technických systémů. Na základě výše uvedeného lze v návrhu práce využít z tohoto nástroje zejména některá kritéria.

#### CPM - Metoda kritické cesty

Matematická metoda CMP využívá síťového diagramu pro identifikaci tzv. kritických cest, kritických aktivit a kritických událostí ve sledované síti. Metoda uvažuje nad logickými závislostmi mezi událostmi, aktivitami, zdroji a cenou průběhu procesu, a to s ohledem na hledání nejkritičtější části daného systému. (Chanas a Zielinski, 2001)

Výhodou metody CMP může být její jedinečnost a přehlednost. Naopak však může obsahovat množství chyb založených například na odhadu dob trvání některých činností. Tuto metodu je možné využít při hodnocení kritických prvků v procesech železniční dopravy.

### **FMECA - Analýza způsobů, důsledků a kritičnosti poruch**

Metoda FMECA je rozšířenou verzí metody FMEA, která semikvantitativním způsobem oceňuje kritičnost prvků systému. Metoda je zaměřena na analýzu způsobů poruch prvků systému a posouzení jejich důsledků na jednotlivé subsystémy i systém jako celek. Tato analýza může poskytnout semikvantitativní hodnocení rizik s transformací na plně kvantitativní hodnocení pomocí zástupných hodnot. Vstupní hodnoty jsou zadávány pomocí bodových stupnic, výsledné riziko pak může mít plně kvantitativní charakter nebo bodovou hodnotu pro zběžnou orientaci. (Fuchs et al., 2011; Zajíček, 2007; ČSN EN 60812, 2007)

Výhodou této metody je možnost komplexního posouzení všech možných způsobů poruch s ohledem na jejich kritičnost pro daný systém. Naopak její nevýhodou může být časová náročnost a nákladnost či snadná možnost znehodnocení dat, např. při jejich rozdělování do rozmezí jednotlivých bodových škál. Přístup této metody může být využit v rámci hodnocení některého z kritérií kritičnosti prvků železniční dopravy.

### **Indexové metody (RR)**

Tyto metody využívají indexy pro oceňování nebezpečných vlastností procesu a slouží pro rychlé posouzení bezpečnosti. Principem metod je bodové ohodnocování dílčích operací procesu a procesních podmínek na základě stanovených výpočtů. Indexových metod existuje celá řada a jsou také vyvíjeny různými společnostmi pro specifické procesy. (Bernatík, 2006)

Výhodou těchto metod je to, že indexy poskytují informace pro klasifikaci kritických bodů procesu. Nevýhodou je však potřeba kvalitních znalostí o hodnoceném systému, aby nedocházelo ke zkreslování výsledků. Přístup bodového hodnocení, který vychází z této metody, může být využit v rámci hodnocení některých kritérií kritičnosti prvků železniční dopravy.

### **Matice kritičnosti**

V oboru spolehlivosti a analýzy rizik se běžně využívá hodnocení pomocí tzv. matice kritičnosti. Jedná o vyjádření vztahu dvou veličin formou tabulky. Matice kritičnosti umožňuje jednoduše hodnotit funkci zranitelnosti a významu daného prvku systému. (Fuchs, 2007; Pupíková a Rostek, 2013; ČSN EN 60812, 2007)

Výhodou této metody je relativně rychlé a snadné použití. Její aplikace je však vhodná pouze pro konkrétní problém, na celý systém je těžko aplikovatelná. Pomocí matice kritičnosti lze v rámci návrhu systému vyhodnotit kritérium, které vyžaduje hodnocení dvou veličin.

### MCA - Multikriteriální analýza

Rozhodovací analýza MCA umožňuje rozhodnutí v případě, kdy existuje více kritérií. Kritériem je v této analýze označena vlastnost, kterou lze u dané možnosti posoudit. Každému kritériu je přiřazena váha, která vyjadřuje důležitost jednotlivých kritérií vzhledem k ostatním. (Šenovský, 2015; Multi-criteria Analysis, 2009)

Výraznou výhodou této metody je neomezenost počtu kritérií, která dovoluje zvyšovat komplexitu zpracování analýzy. Taktéž její přehledné zpracování dostupných informací o sledovaném systému lze považovat za výhodné. Tato metoda se však může jevit jako složitá a časově náročná. V rámci procesu určování kritických prvků železniční dopravy lze využít jejího přístupu k hodnocení užitku variant.

## 5.4 Dílčí závěr

Jedním ze základních kroků pro zajištění funkce daného systému je jeho ochrana před nežádoucími jevy a událostmi, které by mohly způsobit negativní dopady na systém a jeho uživatele. Běžně však nelze chránit všechny prvky systému, a proto je často volena cesta ochrany pouze tzv. kritických prvků (Šenovský et al., 2007). Identifikace kritických prvků je podle Wanga (2016) prvním krokem pro úspěch v oblasti investic, řízení a ochrany infrastruktur. Identifikace kritických prvků dané sítě může jejím správcům pomoci při zvyšování odolnosti formou preventivních činností, např. zvyšováním redundance systému (Bababeik et al., 2017). V rámci výsledků analýzy přístupů k určování kritických prvků lze nalézt mnoho pojetí této problematiky.

Taktéž v systému železniční dopravy lze spatřovat snahu o nalezení prvků, které by mohly být pro daný systém kritické a pro které je potřeba zajistit ochranu s ohledem na zachování funkce systému. Příkladem mohou být tzv. rozhodující zařízení k provozování činností státní organizace Správa železniční dopravní cesty. Zvyšování jejich odolnosti a zabezpečení jejich funkčnosti je jedním ze způsobů řešení krizových situací a typové krizové situace „Narušení dopravní soustavy velkého rozsahu“ (Směrnice SŽDC 59, 2012). Příkladem taktéž mohou být prvky, jichž se dotýkají požadavky na zajištění kontinuity činnosti organizace (Pittner, 2018), anebo také důležité části systému zajišťujícího bezpečné provozování dráhy a drážní dopravy (Vyhláška 376, 2006).

Výše uvedené důležité části (Vyhláška 376, 2006), prvky pro zajištění kontinuity činnosti (Pittner, 2018) a rozhodující zařízení (Směrnice SŽDC 59, 2012) lze podle

informací z analýzy přístupů k určování kritických prvků společně označit jako „kritické prvky železniční dopravy“ (Komplexní strategie, 2009; Robinson et al., 1998). Sloučením těchto částí, prvků a zařízení do jedné skupiny kritických prvků a vytvořením jednotného přístupu k jejich určování by se výrazně ulehčila práce bezpečnostních pracovníků provozovatelů dráhy i drážní dopravy. Pro toto sloučení je možné využít informace získané z analýzy současných přístupů k určování kritických prvků. Taktéž je potřeba v rámci vytváření procesu určování vnímat potřeby jednotlivých oblastí železniční dopravy.

V závěrečné části kapitoly byla provedena analýza metod, které jsou potenciálně využitelné pro hodnocení kritičnosti. U těchto metod byly zhodnoceny jejich výhody a nevýhody a vymezeny části, které se stanou bází návrhu systému určování kritických prvků v železniční dopravě. Tento systém budou využívat primárně bezpečnostní zaměstnanci provozovatelů dráhy či drážní dopravy. Podle nejvýznamnějšího provozovatele drah na území České republiky by měl být navrhovaný systém komplexní, přehledný, snadno aplikovatelný a v případě potřeby do jisté míry modifikovatelný pro specifické potřeby uživatele (Pittner, 2018). Na základě analýzy metod využitelných pro určování kritických prvků lze konstatovat, že těmto požadavkům vyhovuje multikriteriální analýza MCA, jejichž obsahem mohou být některá kritéria metody CARVER2 a některé přístupy podle matice kritičnosti a metody FMECA.

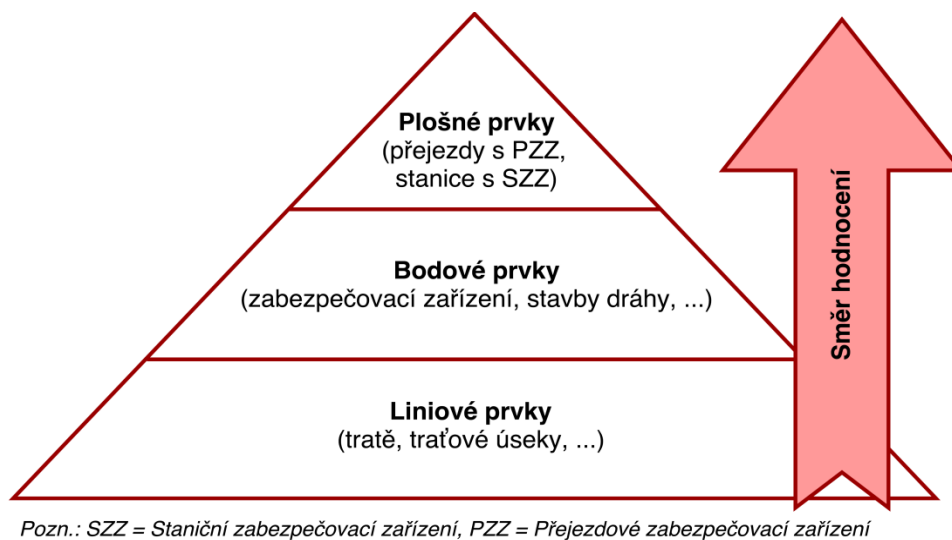


## 6 Systém určování kritických prvků v železniční dopravě

Cílem této kapitoly je prezentování návrhu systému určování kritických prvků v oblasti železniční dopravy. Na základě provedeného teoretického rozboru řešené problematiky, provedených analýz přístupů k určování kritických prvků a oblastí pro definování kritérií určování kritických prvků železniční dopravy, byl vytvořen návrh systému, jehož účelem je určování kritických prvků v železniční dopravě.

Systém pro identifikaci a určování kritických prvků železniční infrastruktury může bezpečnostním pracovníkům provozovatele prvků pomoci při všech preventivních činnostech před vznikem negativních poruch, při hledání vhodných nápravných opatření a jejich následné realizaci nebo také při přidávání potřebné redundance pro zvýšení odolnosti železniční sítě, jak potvrzují např. Komínek et al. (2006) nebo také Bababeik et al. (2017).

Navrhovaný systém je vytvořen na základě podmínek a existujících dat nejvýznamnějšího provozovatele drah na území České republiky, tj. Správa železniční dopravní cesty, státní organizace. Prvky jsou hodnoceny tzv. přístupem „Bottom-Up“, tzn., že nejprve jsou hodnoceny liniové prvky (jednotlivé tratě) jako základní stavební část železnice, následně prvky bodové jako doplněk liniových prvků a nakonec prvky plošné jako speciální místa na železniční dráze. Tento přístup prezentuje obrázek 7.



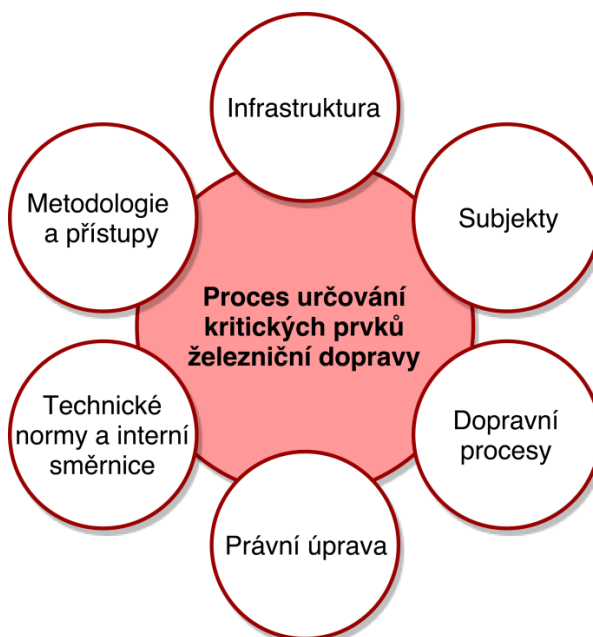
Obrázek 7: Směr hodnocení prvků

Hodnocení těchto prvků je realizováno z makroskopického hlediska, tzn., že tyto prvky byly pro potřeby hodnocení zjednodušeny na ucelené komponenty. Například vykytuje-li se ve stanici staniční zabezpečovací zařízení je bráno jako jeden prvek, byť je po praktické stránce složeno z více menších komponentů. Takto je přistupováno ke všem prvkům, které jsou identifikovány v kapitole 6.2, krok 2.



## 6.1 Rámec systému určování kritických prvků v oblasti železniční dopravy

Na základě provedené rešerše a informací získaných z analýzy přístupů k určování kritických prvků je možno nastínit východiska návrhu systému určování kritických prvků v železniční dopravě. Pro sestavení funkčního systému určování kritických prvků byl nejprve nadefinován rámec určování kritických prvků v oblasti železniční dopravy, který v sobě integruje vstupy nezbytné pro správnou aplikaci procesu určování (viz obrázek 8).



Obrázek 8: Rámec systému určování kritických prvků v oblasti železniční dopravy

Pro vytvoření funkčního systému určování kritických prvků železniční dopravy je nutné identifikovat všechny prvky, které se v železniční dopravě vyskytují. Zejména se bude jednat o **prvky železniční infrastruktury**, neboť ta je nosnou bází železniční dopravy. V rámci identifikace prvků je potřeba si uvědomit všechny jejich vazby a závislost.

Taktéž je nutné identifikovat všechny **subjekty** železniční dopravy a pochopit charakteristiku jejich vztahu k tomuto druhu dopravy. Zejména se jedná o provozovatele dráhy, provozovatele drážní dopravy, objednatele přepravy, Ministerstvo dopravy České republiky apod. Všechny tyto subjekty mohou vstupovat do systému železniční dopravy s řadou speciálních požadavků.

Základní částí systému železniční dopravy jsou také jednotlivé **dopravní procesy**, které tento systém utváří. Je potřeba si uvědomit všechny náležitosti dopravních procesů železniční dopravy a také vzít v úvahu i otázku jejich požadavků.

Na železniční dopravu je mimo jiné stanovena skupina požadavků, kdy řada z nich je dána **právní úpravou**, např. pravidla pro provozování dráhy stanovují způsob a podmínky pro zabezpečení dráhy, obsluhu dráhy a organizování drážní dopravy (**Vyhláška 173, 1995**). Toto však není konečný výčet pravidel a požadavků, další lze nalézt např. v zákoně o dráhách (**Zákon 266, 1994**), v zákoně o krizovém řízení (**Zákon 240, 2000**) apod.

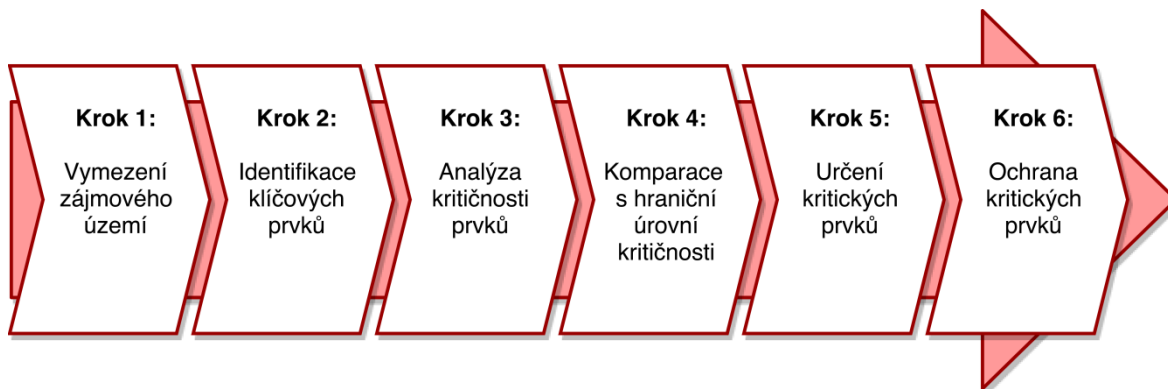
Významným vstupem do systému budou také požadavky vyplývající z **českých technických norem** (např. **ČSN EN 50126, 2001; ČSN EN 50128, 2003; ČSN EN 50129, 2003**). Některé požadavky vstupují do systému železniční dopravy také z pohledu provozovatele dráhy, tedy např. Správy železniční dopravní cesty, státní organizace a jejich **interních směrnic** (např. **Směrnice SŽDC 103, 2013; Směrnice SŽDC 112, 2014; Bezpečnostní řád, 2013**).

Oblast železniční dopravy a její bezpečnost také souvisí s řadou používaných metod a přístupů. Užívané **metody** mohou například napomáhat k hodnocení spolehlivosti, řešení poruchovosti, posouzení rizik či detekci chyb (např. **Prediktivní analýzy, 2015; Prediktivní analýzy, 2016**). V neposlední řadě tento rámec utvářejí také **přístupy**, které hrají významnou roli v systému železniční dopravy například pro předcházení, či řešení mimořádných událostí (např. podle **Směrnice SŽDC 103, 2013; Bezpečnostní plán, 2011**).

Všechny výše zmíněné aspekty sehrávají významnou roli při zajišťování bezpečnosti v oblasti železniční dopravy. Na jejich základě lze tedy vytvořit proces určování kritických prvků v železniční dopravě.

## 6.2 Proces určování kritických prvků

Bází systému určování kritických prvků v železniční dopravě je proces určování kritických prvků železniční infrastruktury, neboť právě infrastruktura je stěžejní částí každého systému (**Řehák et al., 2016a**). Navrhovaný proces je primárně připraven pro aplikaci na celé území oblastního ředitelství Správy železniční dopravní cesty, státní organizace nebo jeho část. Proces je vhodné využívat v cyklech, které tak budou hodnotit i provedené změny v jednotlivých částech železniční infrastruktury. Samotný proces také respektuje kroky managementu dle české technické normy (**ČSN ISO 31 000, 2010**). Struktura navrhovaného procesu je zobrazena na obrázku 9.



Obrázek 9: Proces určování kritických prvků v železniční dopravě

Proces určování kritických prvků v oblasti železniční dopravy je tvořen šesti základními samostatnými kroky:

### Krok 1: Vymezení zájmového území

Proces určování kritických prvků železniční dopravy musí být zahájen vymezením sledované oblasti, tedy ohraničením zájmového území. Může se jednat o území jednoho regionu (např. dopravní systém jednoho regionu nebo kraje) nebo jeho části (např. dopravní spojení mezi dvěma městy). Pro potřeby této práce se bude primárně jednat o území ve správě státní organizace Správa železniční dopravní cesty.

### Krok 2: Identifikace klíčových prvků

Ve vymezeném území nebo jeho části je nutné identifikovat všechny klíčové prvky železniční infrastruktury, tj. prvky pro řízení dopravy (např. systémy řízení dopravy), prvky nezbytné k zajištění její bezpečnosti (např. zabezpečovací zařízení) a prvky obtížně nahraditelné (např. tunely, mosty). Tyto prvky budou následně klasifikovány na liniové, bodové a plošné prvky (Řehák et al., 2016a; Lukáš, 2013), a to následujícím způsobem (Pittner, 2018):

- a. ve skupině **liniových prvků** jsou klíčovými prvky primárně jednotlivé tratě, traťové úseky, traťové oddíly, mezistaniční úseky;
- b. ve skupině **bodových prvků** se jedná o:
  - železniční zabezpečovací zařízení včetně jejich návěstních systémů, tj.:
    - staniční zabezpečovací zařízení;
    - traťové zabezpečovací zařízení;
    - přejezdové zabezpečovací zařízení;
  - zastávky;
  - dopravní bez staničního zabezpečovacího zařízení;
  - železniční přejezdy bez přejezdového zabezpečovacího zařízení;
  - stavby dráhy (tj. mosty, tunely, propustky);

- centrální a regionální dispečerská pracoviště;
  - prvky výhybkových systémů;
  - prvky sdělovacích zařízení;
  - prvky elektrických zařízení (tj. napájecí stanice, transformační stanice);
  - elektro-dispečerská pracoviště;
- c. skupinu **plošných prvků** pak tvoří železniční přejezdy s přejezdovým zabezpečovacím zařízením a železniční stanice se staničním zabezpečovacím zařízením.

### Krok 3: Analýza kritičnosti prvků

Kritičnost lze pro potřeby tohoto procesu definovat jako relativní míru důležitosti a významu daného prvku, která vyjadřuje také zranitelnost daného prvku a možné negativní dopady jeho výpadku s ohledem na vazby v daném systému.

Samotná analýza kritičnosti prvků infrastruktury železniční dopravy v daném území bude probíhat ve třech fázích:

- fáze I: Analýza kritičnosti liniových prvků;
- fáze II: Analýza kritičnosti bodových prvků;
- fáze III: Analýza kritičnosti plošných prvků.

Rozdělení tohoto kroku na jednotlivé fáze dovolí hodnotiteli jistou variaci při určování kritických prvků zájmového území. Může se jednat například o tyto varianty:

- určení kritických tratí daného území (obsahuje v tomto kroku pouze fázi I);
- určení kritických zařízení daného území (vyžaduje splnění fáze I a fáze II);
- určení kritických prvků z jednoho druhu drážních komponent, například určení kritických staveb ze všech staveb dráhy v území (fáze I a II);
- komplexní určení všech kritických prvků daného území (všechny fáze).

Pro každou fázi jsou vytvořena kritéria hodnocení kritičnosti, jejichž konkrétnější vyjádření je uvedeno v kapitole 6.3. Nejprve se v rámci tohoto kroku provádí hodnocení všech prvků ze skupiny liniových prvků (tedy fáze I), následně hodnocení bodových prvků (fáze II) a nakonec hodnocení plošných prvků (fáze III). Hodnocením dané fáze musí projít každý klíčový prvek, který byl identifikovaný v rámci dané skupiny.

Stanovení úrovně kritičnosti prvku bude v každé fázi prováděno na základě přístupu multikriteriální analýzy MCA k hodnocení užítka variant (Šenovský, 2015; *Multi-criteria Analysis*, 2009). Tento přístup byl vybrán v rámci analytické části práce. Dílčí kroky analýzy kritičnosti prvků jsou v následujícím textu doprovázeny příklady jejich zpracování.

### Krok 3.1: Kvantifikace kritérií

Prvním krokem samotné analýzy kritičnosti je kvantifikace kritérií pro danou fázi hodnocení dle získaných dat. Kritéria je nutné kvantifikovat v jejich přirozených hodnotách, ať už se jedná o číselné hodnoty, bodové stupnice nebo slovní hodnocení. Příklad takového hodnocení prezentuje tabulka 4.

Tabulka 4: Příklad přirozených hodnot kritérií pro hodnocené prvky

Kritérium	Jednotka	Prvek 1	Prvek 2	...	Prvek n
K1	[ks/den]	150	100	...	200
K2	...	celostátní	regionální	...	celostátní
...	...	...	...	...	...
Kn	ano/ne	ano	ne	...	ne

### Krok 3.2: Převod kritérií na jednotnou hodnotící škálu

Kritéria kvantifikovaná v přirozených hodnotách je potřeba převést na jednotnou hodnotící škálu. V tomto kroku lze hodnoty převést do podoby procentuální sazby, která vyjadřuje, na kolik se hodnota daného kritéria blíží pomyslné nejvyšší možné kritičnosti (např. je-li maximální počet vlaků za den ve sledované oblasti 200, bude prvek s touto hodnotou hodnocen 100 %, prvek, který plní polovinu této hodnoty, tedy 100, bude hodnocen 50 %). Toto hodnocení může být prováděno v rámci subjektivního hodnocení bezpečnostního pracovníka. Tímto krokem lze vytvořit hodnoty tzv. *prosté kritičnosti*, které lze mezi sebou srovnávat. Při posouzení každého kritéria bude hodnocení *prosté kritičnosti* probíhat odlišně, a to na základě přirozených hodnot kritéria. Příklad převodu přirozených hodnot z tabulky 4 na hodnoty *prostých kritičností* prezentuje tabulka 5.

Tabulka 5: Příklad hodnot *prosté kritičnosti* hodnocených prvků

Kritérium	Jednotka	Prvek 1	Prvek 2	...	Prvek n
K1	[%]	75	50	...	100
K2	[%]	100	75	...	100
...	[%]	...	...	...	...
Kn	[%]	0	100	...	100

### Krok 3.3: Vytvoření váhových preferencí

Pro komplexní hodnocení kritičnosti prvku je potřeba zohlednit váhovou hodnotu jednotlivých kritérií (tzv. preference daných kritérií), tzn. přiřadit každému kritériu

jeho váhu, aby jejich součet byl roven 1. Příklad normalizovaných váhových preferencí prezentuje tabulka 6.

Tabulka 6: Příklad váhových preferencí kritérií

Kritérium	K1	K2	...	Kn	$\Sigma$
Váha kritéria	0,3	0,25	...	0,4	1,0

### Krok 3.4: Stanovení vážených kritičností prvků

Váženou kritičnost prvku pro každé kritérium tvoří násobek *prosté kritičnosti* (tabulka 5) a váhy daného kritéria (tabulka 6). Příklad výpočtu prezentuje tabulka 7.

Tabulka 7: Příklad hodnot vážených kritičností hodnocených prvků

Kritérium	Váha	Prvek 1	Prvek 2	...	Prvek n
K1	0,3	$75 \cdot 0,3 = 22,5$	15	...	30
K2	0,25	25	18,75	...	25
...	...	...	...	...	...
Kn	0,4	0	40	...	40

### Krok 3.5: Stanovení výsledných kritičností prvků

Součet *vážených kritičností* hodnoceného prvku vytvoří *výslednou kritičnost* prvku. Hodnoty *výsledných kritičností* prvků příkladu jsou prezentovány v tabulce 8.

Tabulka 8: Příklad výsledných kritičností prvků

Kritérium	Prvek 1	Prvek 2	...	Prvek n
Výsledná kritičnost ( $\Sigma$ vážených kritičností)	$22,5 + 25 + 0$ $= 47,5$	73,75	...	95

Kroky 3.1 až 3.5 se následně stejným způsobem opakují pro fázi II a pro fázi III. Zde dochází pouze ke změně jednotlivých kritérií a jejich váhových preferencí. Konkrétní kritéria hodnocení kritičnosti jsou definována v kapitole 6.3.

### Krok 4: Komparace s hraniční úrovní kritičnosti

Čtvrtým krokem je komparace *výsledných kritičností* prvků se stanovenou hraniční úrovní kritičnosti. Jasně stanovená hraniční úroveň je zásadním krokem pro určení kritických prvků, jak potvrzují např. Luijff et al. (2003) nebo Fekete (2011).

Hraniční úroveň kritičnosti pro určení kritických prvků byla vytvořena zvlášť pro každou fázi hodnocení kritičnosti. V rámci dané fáze byla tato úroveň stanovena vždy na základě konzultace s provozovatelem dráhy (Pittner, 2018). Tyto hodnoty jsou uvedeny v příslušných podkapitolách kapitoly 6.3. Jejich tvorba probíhala na základě hodnocení *úrovně přijatelnosti* každého kritéria, které následně prošly dalším hodnocením stejně jako hodnocené prvky. Tímto vznikla *výsledná kritičnost* pro stanovení hraniční úrovně kritičnosti dané fáze.

### Krok 5: Určení kritických prvků

Prvky, které překročí stanovenou hraniční úroveň kritičnosti dané fáze, budou určeny jako kritické prvky daného území nebo jeho části.

Další možností využití *výsledných kritičností* prvků je rozdělení hodnot *výsledných kritičností* do několika úrovní, např. podle vzoru Strategic Framework (2010) nebo Nešporová et al. (2016). Lze však také seřadit všechny prvky podle hodnoty *výsledné kritičnosti* a vybrat ze seznamu horní procento, jehož výši je však nutné stanovit předem, např. podle ekonomického hlediska (Striegler et al., 2012).

Hodnoty *výsledných kritičností* mohou také sloužit pro potřeby prioritizace prvků z pohledu nutnosti stanovení bezpečnostních opatření. Seřazení prvků podle hodnoty jejich *výsledné kritičnosti* může sloužit například pro další rozhodovací potřeby bezpečnostních pracovníků.

### Krok 6: Ochrana kritických prvků

Pro kritické prvky daného území budou následně stanovena opatření na ochranu takovýchto prvků. Při využití možnosti rozdělení prvků do úrovní kritičnosti může dojít k stanovení ochranných opatření i pro nižší úrovně. Předkládaná práce se však ochranou těchto prvků nezabývá, a to z důvodu omezeného rozsahu práce.

Tímto krokem je proces u konce. Je však vhodné proces určování kritických prvků opakovat s cyklickými odstupy. Tímto opakováním by byly zhodnoceny všechny realizované preventivní i ochranná opatření prvků železniční infrastruktury.

## 6.3 Kritéria posuzování kritičnosti prvků

Třetím krokem procesu určování kritických prvků železniční dopravy je analýza kritičnosti. Jejím základem jsou kritéria pro jednotlivé fáze posouzení. Kritéria byla vytvořena v konzultaci s nejvýznamnějším provozovatelem drah na území České republiky (tj. Správa železniční dopravní cesty, státní organizace) a dle informací získaných z analýzy současných přístupů k určování kritických prvků (viz kapitola 5.1). Některá kritéria také vychází z metody CARVER2 (Giannopoulos et al., 2012)

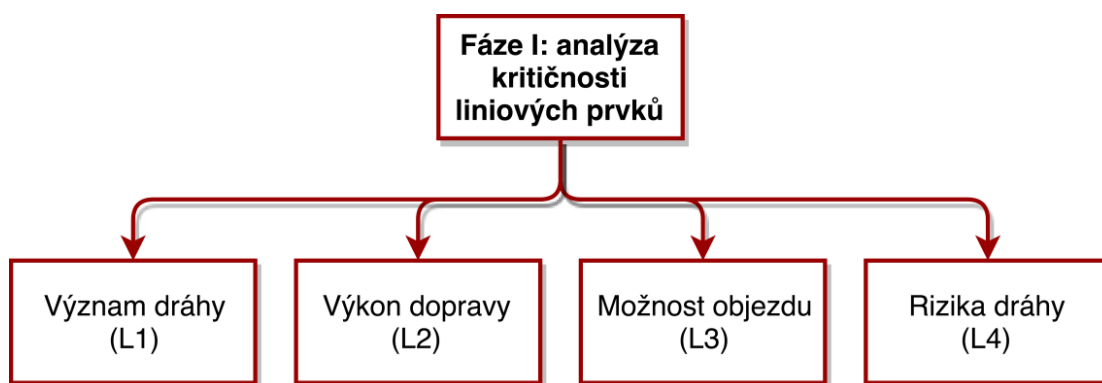


a modifikované metody FMECA (Zajíček, 2007). Hodnocení jednotlivých kritérií bylo vytvořeno na základě dostupných dat provozovatele (Pittner, 2018).

V rámci všech fází hodnocení projde každý prvek hodnocením veškerými kritérii. Takto bude získána hodnota *výsledné kritičnosti* každého prvku dané skupiny pro následné určení kritických prvků. V každé fázi je také uvedena váhová preference jednotlivých kritérií dané fáze a hraniční úroveň pro určení kritických prvků.

### 6.3.1 Fáze I: Analýza liniových prvků

Mezi klíčové liniové prvky se primárně řadí jednotlivé tratě, tedy vymezené části dráhy (Pittner, 2018). Ty lze pro lepší možnost posouzení kritičnosti rozdělit na traťové úseky, mezistaniční úseky a traťové oddíly (Dopravní a návěstní předpis, 2013). Toto rozdělení tedy identifikuje liniové prvky sledované oblasti, na které budou následně aplikována kritéria uvedená na obrázku 10.



Obrázek 10: Kritéria fáze I analýzy kritičnosti prvků

Kritériím pro analýzu kritičnosti liniových prvků byly přiřazeny váhové preference ve spolupráci s provozovatelem dráhy (Pittner, 2018), a to podle tabulky 9.

Tabulka 9: Váhové preference kritérií fáze I

	L1	L2	L3	L4
Kritérium	Význam dráhy	Výkon dopravy	Možnost objezdu	Rizika dráhy
Váha kritéria	0,1	0,4	0,3	0,2

Následující text blíže specifikuje jednotlivá kritéria pro analýzu kritičnosti liniových prvků. Ke každému bližšímu představení kritéria je nastíněno možné hodnocení jeho *prosté kritičnosti* a představen příklad hodnocení. Přístup ke stanovení hodnot *prosté kritičnosti* byl konzultován s provozovatelem dráhy (Pittner, 2018).



**Kritérium L1: Význam dráhy**

Kritérium významu dráhy bylo pro toto posouzení vytvořeno např. podle vzoru Komínek et al. (2006), Fekete (2011), Zhang et al. (2015). Význam dráhy primárně vychází z kategorie železničních drah (Zákon 266, 1994), do které se liniový prvek řadí. Kategoriemi železničních drah jsou podle zákona o dráhách (Zákon 266, 1994):

- celostátní dráhy;
- regionální dráhy;
- místní dráhy;
- vlečky;
- zkušební dráhy;
- speciální dráhy.

O zařazení železniční dráhy do příslušné kategorie dráhy a o změnách tohoto zařazení rozhoduje drážní správní úřad (Zákon 266, 1994). Technické podmínky členění železničních drah do jednotlivých kategorií drah jsou dány požadavky na prostorovou průchodnost a přechodnost drážních vozidel se zřetelem na provozní potřeby drah (Vyhláška 177, 1995).

**Hodnoty** *prosté kritičnosti* v tomto kritériu vychází z tabulky 10.

Tabulka 10: Hodnoty prostých kritičností pro kritérium L1

Kategorie dráhy	Celostátní dráhy	Regionální dráhy	Vlečky	Místní dráhy	Zkušební dráhy	Speciální dráhy
<b>Prostá kritičnost</b>	100 %	90 %	50 %	0 %	0 %	0 %

Z pohledu provozovatele dráhy mají největší význam dráhy celostátní a regionální, které primárně zajišťují dopravní obslužnost státu a daného regionu. Při hodnocení *prosté kritičnosti* je však potřeba zohlednit fakt, že dráhy celostátní mají navíc mezinárodní význam. Z tohoto důvodu jsou dráhy celostátní hodnoceny *prostou kritičností* 100 % a regionální dráhy 90 %. Vlečky mají pro provozovatele dráhy význam pouze pro plnění potřeb národního hospodářství (vlečky napojují některé podniky na regionální a celostátní dráhy). Dle těchto aspektů byla vlečkám přiřazena hodnota *prosté kritičnosti* 50 %. Místní dráhy, zkušební dráhy a speciální dráhy mají pro státní organizaci Správa železniční dopravní cesty nulový význam. (Pittner, 2018)

**Příklad** hodnocení jednotlivých kritérií lze představit na traťovém úseku Břeclav - Podivín. Tato trať je řazena do kategorie celostátní dráhy a proto v tomto kritériu získá hodnotu *prosté kritičnosti* 100 %.

**Kritérium L2: Výkon dopravy**

Druhým kritériem pro posuzování kritičnosti liniového prvku je výkon dopravy na sledované dráze. Výkonnostní složkou daného prvku se při hodnocení kritičnosti prvku zabývají např. Komínek et al. (2006), Raicu a Taylor (2006) nebo Leitner et al. (2017). Výkon je v rámci tohoto kritéria hodnocen počtem spojů nákladní i osobní dopravy na dané železniční cestě za jednotku času, tedy tzv. propustností dráhy za 24 hodin.

**Hodnoty** *prosté kritičnosti* tohoto kritéria se odráží od výkonu nejvýkonnější dráhy daného oblastního ředitelství, která je hodnocena 100 %. V porovnání s výkonem nejvýkonnější dráhy pak lze stanovit *prosté kritičnosti* ostatních hodnocených drah jako poměrovou hodnotu jejich výkonu (např. poloviční výkonnost bude ohodnocena 50 %). **Příkladový** úsek trati Břeclav - Podivín je v tomto případě poměrově k nejvýkonnější dráze hodnocena 80 %.

**Kritérium L3: Možnost objezdu**

Další kritérium je zaměřeno na možnost náhradního řešení výpadku sledovaného prvku, tedy na možnost objezdu sledované dráhy. Toto kritérium bývá v některých zdrojích označováno jako tzv. kritérium nahraditelnosti prvku (Nešporová et al., 2016; Procházková, 2012) nebo v metodě CARVER2 také jako kritérium redundance (Giannopoulos et al., 2012).

V případě mimořádné události nebo závady na trati, které způsobí výpadek dráhy, se jako první zastavuje nákladní doprava a osobní doprava se stává prioritou při hledání možností řešení situace. Podle předpokládané doby do zprovoznění dráhy se dopravce rozhoduje o způsobu řešení události: zda pojedou po vyřešení události se zpožděním, zda využije objízdnou trasu, nebo zda přejde na náhradní silniční dopravu.

Z pohledu provozovatele dráhy se v tomto kritériu primárně hodnotí možnost využití náhradní trasy. **Hodnoty** *prostých kritičností* tedy odpovídají těmto podmínkám (Pittner, 2018):

- sledovaná dráha má objízdnou trasu, která odpovídá parametrům objížděného úseku - *prostá kritičnost* = 0 %;
- sledovaná dráha nemá objízdnou trasu (tzn., že dopravci musí v případě výpadku dráhy využít náhradní silniční dopravu) - *prostá kritičnost* = 100 %.

Pro **příklad** úseku trati Břeclav - Podivín existuje adekvátní objízdná trasa ve vlastnictví Správy železniční dopravní cesty, a proto tento úsek trati získá v tomto kritériu hodnotu *prosté kritičnosti* 0 %.

**Kritérium L4: Rizika dráhy**

Významným krokem analýzy kritičnosti liniových prvků je také posouzení rizik dané dráhy a s ní souvisejícího vybavení, jak definují např. Vrijling et al. (2004), Fekete (2011), Theoharidou et al. (2009), Protecting Critical Infrastructures (2008). Podle Fuchse et al. (2011) je infrastruktura kritická proto, že riziko spojené s jejím narušením je chápáno jako značné. Kritičnost je tedy podle autorů jiným vyjádřením rizika. Co je kritické, je rizikové a naopak.

Posouzení rizik dráhy primárně koresponduje s úseky, které sleduje Správa železniční dopravní cesty, státní organizace jako úseky s častým výskytem některé z významných mimořádných událostí. Konkrétně se jedná o rizika (Pittner, 2018):

- poškození dráhy vlivem povodně ( $U_1$ );
- poškození dráhy vlivem zvláštní povodně ( $U_2$ );
- sněhová kalamita na dráze ( $U_3$ );
- sesuvy půdy na dráhu ( $U_4$ );
- pády stromů na dráhu ( $U_5$ );
- únik nebezpečné látky v obvodu dráhy ( $U_6$ );
- poškození dráhy vlivem působení tepla ( $U_7$ ).

Pro sledovanou dráhu je potřeba vyjádřit míry rizika pro každou z výše definovaných událostí. Toto vyjádření probíhá dle přístupu metody FMEA (Vintr a Vintrová, 2015; ČSN EN 60812, 2007) pro vyjádření rizika události, viz rovnice 1:

$$R_i = I \cdot N \cdot D \quad (1)$$

kde  $R_i$  = míra rizika sledovaného prvku pro událost  $U_i$ ,  $I$  = bodová hodnota intenzity výskytu události,  $N$  = bodová hodnota nákladů na obnovu,  $D$  = bodová hodnota možnosti detekce události před projevením důsledku události (tzv. predikce). Bodové hodnoty pravděpodobnosti, následků a detekce se řídí tabulkou 11.

Tabulka 11: Bodové hodnocení pro výpočet míry rizika

Bodový index	Intenzita výskytu události $I$	Náklady na obnovu $N$	Detekce (predikce) události $D$
5	1x za týden a častěji	extrémní cena	bez možnosti predikce
4	1x za měsíc	nadprůměrná cena	detekce v řádu minut
3	1x za rok	průměrná cena <sup>1</sup>	detekce do 30 minut
2	1x za 10 let	podprůměrná ceny	detekce do 2 hodin
1	1x za 100 let	zanedbatelná cena	detekce nad 2 hodiny

<sup>1</sup> Průměrná cena obnovy vychází z údajů o nákladech na obnovu daného druhu prvku z dat oblastního ředitelství.

Míra rizika pak odpovídá jednotlivým kategoriím rizika dle tabulky 12.

Tabulka 12: Kategorie rizika dle výsledné míry rizika

Výsledná míra rizika $R_i$	Kategorie rizika	Index pro stanovení prosté kritičnosti $H$
65 – 125	nepříjemné riziko	3
28 – 64	podmínečně přijatelné riziko	2
9 – 27	přijatelné riziko	1
1 – 8	zanedbatelné riziko	0

V rámci hodnocení sledovaného liniového prvku v tomto kritériu je potřeba určit index pro stanovení *prosté kritičnosti*  $H$  pro každou událost ze seznamu možných událostí a to podle tabulky 12.

**Hodnota** *prosté kritičnosti* prvku je v tomto kritériu tvořena procentuálním vyjádřením součtu indexů  $H$  všech událostí ve vztahu k součtu maximálních bodových indexů  $H$ . Maximální součet bodových indexů je v tomto případě 21 (sedm možných událostí a nejvyšší index 3), kdy tato hodnota odpovídá *prosté kritičnosti* 100 %.

Tabulka 13 prezentuje **příklad** výpočtu míry rizik a stanovení součtu indexů  $H$  pro traťový úsek Břeclav - Podivín.

Tabulka 13: Příklad výpočtu míry rizika a stanovení součtu bodových indexů  $H$

Událost	$I$	$N$	$D$	$R_i$	$H$
$U_1$	1	5	2	10	1
$U_2$	1	5	5	25	1
$U_3$	3	2	2	12	1
$U_4$	1	2	4	8	0
$U_5$	1	2	4	8	0
$U_6$	2	1	5	10	1
$U_7$	3	5	2	30	2
$\Sigma$					6

Součet bodových indexů  $H$  pro traťový úsek Břeclav - Podivín je roven 6. Tento počet vyjadřuje podíl 28,57 % ze součtu maximálních bodových indexů  $H$  dané prvku, což je hodnota 21. Tento traťový je v tomto kroku hodnocen *prostou kritičností* 28,57 %.

### Výsledná kritičnost příkladu pro fázi I

Stanovení *výsledné kritičnosti* z **příkladů** hodnocení jednotlivých kritérií fáze I definuje tabulka 14.

Tabulka 14: Výsledná míra kritičnosti příkladu fáze I

Kritérium	L1	L2	L3	L4	$\Sigma$
<b>Váha</b>	0,1	0,4	0,3	0,2	
<b>Prostá kritičnost</b>	100	80	0	28,57	
<b>Vážená kritičnost</b>	10	32	0	5,71	<b>47,71</b>

Výsledná kritičnost **příkladového** traťového úseku Břeclav-Podivín odpovídá hodnotě 47,71 %.

### Stanovení hraniční úrovně kritičnosti fáze I

Stanovení hraniční úrovně kritičnosti, která jasně definuje, které prvky budou určeny jako kritické, proběhlo v konzultaci s provozovatelem dráhy (Pittner, 2018). Pro každé kritérium byla zvlášť stanovena *úroveň přijatelnosti* (tj. vyjádření úrovně, kterou provozovatel dráhy považuje za nepřijatelnou v daném kritériu, dle bližšího představení každého kritéria). Tyto úrovně byly následně s ohledem na váhy jednotlivých kritérií zprůměrovány do výsledné hraniční úrovně kritičnosti, viz tabulka 15.

Tabulka 15: Stanovení hraniční úrovně kritičnosti liniových prvků

Kritérium	L1	L2	L3	L4	$\Sigma$
<b>Váha</b>	0,1	0,4	0,3	0,2	
<b>Úroveň přijatelnosti</b>	90	50	50	25	
<b>Hraniční úroveň kritičnosti</b>	9	20	15	5	<b>49</b>

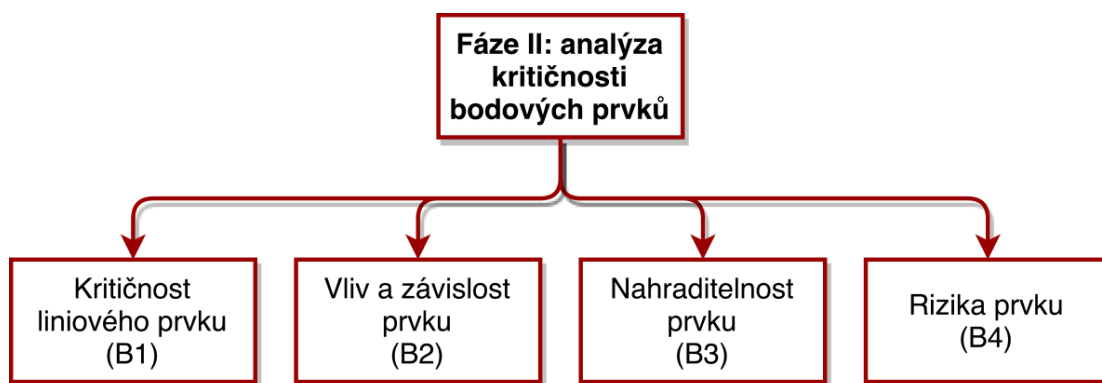
**Hraniční úroveň kritičnosti** pro fázi I je dána hodnotou *výsledné kritičnosti* 49 %.

### 6.3.2 Fáze II: Analýza bodových prvků

Mezi klíčové bodové prvky železniční infrastruktury patří drážní zařízení, která jsou potřebná k bezpečnému provozování dráhy nebo drážní dopravy. Zejména se jedná o (Pittner, 2018):

- železniční (staniční, traťové a přejezdové) zabezpečovací zařízení včetně jejich návěstních systémů;
- zastávky;
- dopravní bez staničního zabezpečovacího zařízení;
- železniční přejezdy bez ohledu na přejezdové zabezpečovací zařízení (tj. místo křížení dráhy s pozemní komunikací);
- stavby dráhy (tj. mosty, tunely, propustky);
- centrální a regionální dispečerská pracoviště;
- prvky výhybkových systémů;
- prvky sdělovacích zařízení;
- prvky elektrických zařízení (tj. napájecí stanice, transformační stanice);
- elektro-dispečerská pracoviště.

U této skupiny prvků se pro potřeby práce předpokládá, že jsou ve vztahu k liniovému prvku, na kterém plní svoji funkci. Z tohoto důvodu se do hodnocení bodového prvku promítne i hodnocení liniového prvku. Konkrétní kritéria hodnocení kritičnosti bodových prvků jsou prezentována na obrázku 11.



Obrázek 11: Kritéria fáze II analýzy kritičnosti prvků

Kritériím pro analýzu kritičnosti bodových prvků byly přiřazeny váhové preference ve spolupráci s provozovatelem dráhy (Pittner, 2018), a to podle tabulky 16.

Tabulka 16: Váhové preference kritérií fáze II

Kritérium	B1 Kritičnost liniového prvku	B2 Vliv a závislost prvku	B3 Nahraditelnost prvku	B4 Rizika prvku
<b>Váha kritéria</b>	0,1	0,4	0,3	0,2

Následující text blíže specifikuje jednotlivá kritéria pro analýzu kritičnosti bodových prvků. Ke každému bližšímu představení kritéria je opět nastíněno možné hodnocení jeho *prosté kritičnosti* a představen příklad hodnocení. Přístup ke stanovení hodnot *prosté kritičnosti* byl konzultován s provozovatelem dráhy (Pittner, 2018).

### Kritérium B1: Kritičnost liniového prvku

Prvním kritériem pro hodnocení bodového prvku je kritérium kritičnosti liniového prvku. Toto kritérium odráží fakt, že s rostoucí kritičností liniového prvku dochází ke zvyšování úrovně kritičnosti prvku bodového.

V tomto kritériu se přenáší **hodnota výsledné kritičnosti** liniového prvku, na kterém sledovaný prvek plní svoji funkci, do hodnocení bodového prvku (hodnota *výsledné kritičnosti* liniového prvku odpovídá hodnotě *prosté kritičnosti* bodového prvku pro toto kritérium).

**Příklad** lze uvést opět na traťovém úseku Břeclav - Podivín. Míra její *výsledné kritičnosti* byla stanovena na 47,71 %. Všechny bodové prvky, které se na tomto traťovém úseku nachází, získají v hodnocení tohoto kritéria hodnotu *prosté kritičnosti* 47,71 %.

### Kritérium B2: Vliv a závislost prvku

Železniční infrastruktura je složitým a komplexním systémem. Podle Egana (2007) rostoucí složitost daného systému může zvyšovat jeho kritičnost. Je tedy potřeba v rámci hodnocení kritičnosti bodových prvků zohlednit všechny vazby (tj. vlivy, závislosti a vzájemné závislosti), které se zde vyskytují (Řehák et al., 2016b). Vazby při svém hodnocení kritičnosti posuzují například Rinaldi et al. (2001), Fekete (2011), Procházková (2012) nebo také Alsubaie et al. (2015).

Toto kritérium zohledňuje všechny prvky, které jsou závislé na sledovaném bodovém prvku (tzv. dependentní prvky) a také všechny prvky, které naopak mohou ovlivňovat sledovaný prvek (tzv. influentní prvky). (Brabcová et al., 2017)

Tabulka 17: Počty dependentních a influentních prvků pro bodový prvek

Bodový prvek	Počet dependentních prvků	Počet influentních prvků
Staniční zabezpečovací zařízení	1	4
Traťové zabezpečovací zařízení	1	4
Přejezdové zabezpečovací zařízení	1	4
Zastávky	1	1
Dopravny bez SZZ	2	1
Železniční přejezdy bez PZZ	1	1
Stavby dráhy	1	1
Dispečerská pracoviště	2	4
Prvky výhybkových systémů	1	2
Prvky sdělovacích zařízení	1	3
Prvky elektrických zařízení	6	1
Elektro-dispečerská pracoviště	4	3

Pozn.: SZZ = Staniční zabezpečovací zařízení, PZZ = Přejezdové zabezpečovací zařízení

Tabulka 17 představuje konkrétní počty dependentních a influentních prvků pro různé druhy bodových prvků, a to pro stanovení **hodnot prosté kritičnosti** tohoto kritéria. Tyto hodnoty byly konzultovány s provozovatelem dráhy (Pittner, 2018). Počet dependentních prvků v tomto hodnocení může být roven nule, počet influentních prvků je však díky vztahu bodového prvku k prvku liniovému vždy na hodnotě minimálně jedna. Konkrétní **hodnocení prosté kritičnosti** daného prvku pak probíhá spojením údajů z tabulky 17 a obrázku 12.



Počet dependentních prvků	6	70 %	80 %	90 %	100 %
	5	60 %	70 %	80 %	90 %
	4	50 %	60 %	70 %	80 %
	3	40 %	50 %	60 %	70 %
	2	30 %	40 %	50 %	60 %
	1	20 %	30 %	40 %	50 %
	0	10 %	20 %	30 %	40 %
		1	2	3	4
Počet influentních prvků					

Obrázek 12: Matice pro hodnocení prosté kritičnosti kritéria B2

**Příklad** hodnocení bodových prvků traťového úseku Břeclav - Podivín prezentuje tabulka 18.

Tabulka 18: Příklad hodnocení prostých kritičností kritéria B2

Bodový prvek	Počet dependentních prvků	Počet influentních prvků	Hodnota prosté kritičnosti
Staniční zabezpečovací zařízení	1	4	50 %
Traťové zabezpečovací zařízení	1	4	50 %
Dispečerská pracoviště	2	4	60 %
Prvky výhybkových systémů	1	2	30 %
Prvky sdělovacích zařízení	1	3	40 %
Prvky elektrických zařízení	6	1	70 %
...	...	...	...

### Kritérium B3: Nahraditelnost prvku

V analýze kritičnosti bodových prvků následuje posouzení možnosti nahraditelnosti prvku, např. podle Egan (2007), Procházková (2012), Nešporová et al. (2016). Toto kritérium zohledňuje možnost náhrady sledovaného prvku prvkem jiným bez výrazné ztráty na funkci systému, nebo možnosti zajištění náhradního plnění funkce prvku.

**Hodnoty** prostých kritičností jednotlivých druhů bodových prvků odpovídají možnosti nahradit sledovaný prvek jiným prvkem, nebo náhradním řešením plnění ztracené funkce prvku. Prvek, který nelze nijak nahradit, bude hodnocen *prostou*

kritičností 100 %. Naopak snadno nahraditelný prvek získá *prostou kritičnost* 0 %. Konkrétní hodnoty *prostých kritičností* nahraditelnosti z pohledu provozovatele dráhy (Pittner, 2018) pro jednotlivé druhy bodových prvků definuje tabulka 19.

Tabulka 19: Hodnoty *prostých kritičností* pro kritérium nahraditelnosti B3

Bodový prvek	Hodnoty <i>prostých kritičností</i>
Staniční zabezpečovací zařízení	90 %
Traťové zabezpečovací zařízení	90 %
Přejezdové zabezpečovací zařízení	50 %
Zastávky	20 %
Dopravny bez SZZ	80 %
Železniční přejezdy bez PZZ	10 %
Stavby dráhy	100 %
Dispečerská pracoviště	100 %
Prvky výhybkových systémů	50 %
Prvky sdělovacích zařízení	90 %
Prvky elektrických zařízení	100 %
Elektro-dispečerská pracoviště	100 %

Pozn.: SZZ = Staniční zabezpečovací zařízení, PZZ = Přejezdové zabezpečovací zařízení

**Příklad** hodnocení nahraditelnosti bodových prvků, které se vyskytují na traťovém úseku Břeclav - Podivín prezentuje tabulka 20.

Tabulka 20: Příklad hodnocení *prostých kritičností* kritéria B3

Bodový prvek	Hodnota <i>prosté kritičnosti</i>
Staniční zabezpečovací zařízení	90 %
Traťové zabezpečovací zařízení	90 %
Dispečerská pracoviště	100 %
Prvky výhybkových systémů	50 %
Prvky sdělovacích zařízení	90 %
Prvky elektrických zařízení	100 %
...	...

**Kritérium B4: Rizika prvku**

V neposlední řadě projde každý bodový prvek při analýze kritičnosti posouzením rizik. Toto kritérium navazuje na kritérium analýzy kritičnosti liniových prvků L4 - Rizika dráhy. V rámci tohoto hodnocení byla identifikována nejvýznamnější rizika pro bodové prvky ve spolupráci s provozovatelem dráhy. V této identifikaci lze vynechat rizika, která už byla posouzena ve vztahu k liniové dráze, na které sledovaný prvek plní svoji funkci. Konkrétně se jedná o rizika (Pittner, 2018):

- poškození zařízení vlivem požáru v obvodu dráhy (U<sub>8</sub>);
- poškození zařízení vlivem vady materiálu (U<sub>9</sub>);
- škody na zařízeních způsobené dopravní nehodou (U<sub>10</sub>);
- škody na zařízeních způsobené nesprávnou jízdou vlaku (U<sub>11</sub>);
- mimořádnost způsobená poruchou na řídicích technologiích (U<sub>12</sub>);
- krádeže a sabotáže na vybavení dráhy (U<sub>13</sub>).

**Hodnocení prosté kritičnosti** prvku je v tomto kritériu založeno na stejném přístupu jako u kritéria kritičnosti liniových prvků L4 - Rizika dráhy, jen s rozdílnými možnými událostmi.

*Prostou kritičnost* 100 % získá ten prvek, který dosáhne maximálního součtu bodových indexů *H*. V tomto případě je maximální součet bodových indexů *H* roven 18 (šest možných událostí a nejvyšší index 3). Další hodnoty *prosté kritičnosti* jsou tvořeny poměrovým vyjádřením k této hodnotě.

Tabulka 21 prezentuje **příklad prostých kritičností** pro prvky traťového úseku Břeclav - Podivín v tomto kritériu.

Tabulka 21: Příklad míry rizik bodových prvků

Bodový prvek	Hodnota <i>prosté kritičnosti</i>
Staniční zabezpečovací zařízení	72,22 %
Traťové zabezpečovací zařízení	77,78 %
Dispečerská pracoviště	66,67 %
Prvky výhybkových systémů	61,11 %
Prvky sdělovacích zařízení	50,00 %
Prvky elektrických zařízení	66,67 %
...	...

### Výsledná kritičnost příkladu pro fázi II

Hodnoty výsledných kritičností z příkladů hodnocení jednotlivých kritérií fáze II definuje tabulka 22.

Tabulka 22: Výsledná míra kritičnosti příkladu fáze II

Bodový prvek	Hodnota výsledné kritičnosti
Staniční zabezpečovací zařízení	66,22 %
Traťové zabezpečovací zařízení	67,33 %
Dispečerská pracoviště	72,11 %
Prvky výhybkových systémů	43,99 %
Prvky sdělovacích zařízení	57,77 %
Prvky elektrických zařízení	76,11 %
...	...

### Stanovení hraniční úrovně kritičnosti fáze II

Stanovení hraniční úrovně kritičnosti, která jasně definuje, které prvky budou určeny jako kritické bodové prvky, proběhlo dle stejného přístupu jako ve fázi I a opět v konzultaci s provozovatelem dráhy (Pittner, 2018). Toto stanovení prezentuje tabulka 23.

Tabulka 23: Stanovení hraniční úrovně kritičnosti bodových prvků

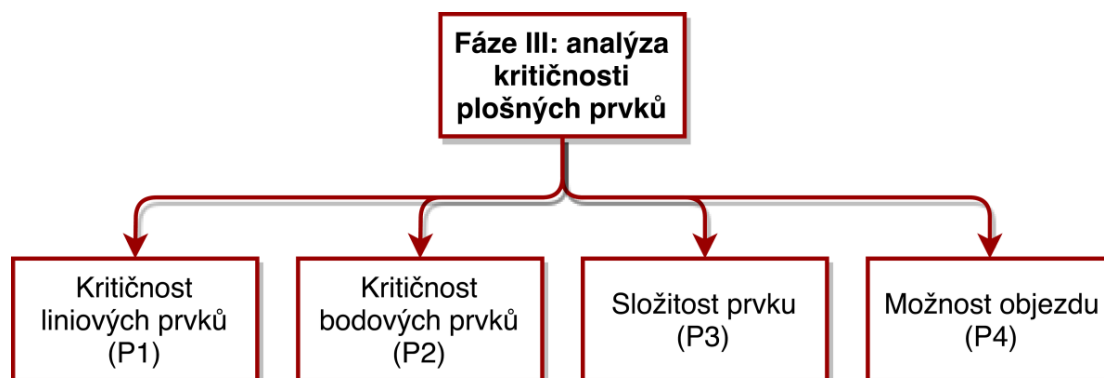
Kritérium	B1	B2	B3	B4	$\Sigma$
Váha	0,1	0,4	0,3	0,2	
Úroveň přijatelnosti	49	50	75	25	
Hraniční úroveň kritičnosti	4,9	20	22,5	5	52,4

Hraniční úroveň kritičnosti pro fázi II je dána hodnotou výsledné kritičnosti 52,4 %.

### 6.3.3 Fáze III: Analýza plošných prvků

Skupinu plošných prvků tvoří železniční přejezdy s přejezdovým zabezpečovacím zařízením a železniční stanice se staničním zabezpečovacím zařízením (Pittner, 2018). Tyto stanice a přejezdy do skupiny plošných prvků zařadil primárně fakt, že jsou složeny z více liniových a bodových prvků. Jsou tedy jakýmsi speciálním místem

na dráze. Konkrétní kritéria pro hodnocení jejich kritičnosti jsou prezentována na obrázku 13.



Obrázek 13: Kritéria fáze III analýzy kritičnosti prvků

Kritériím pro analýzu kritičnosti plošných prvků byly přiřazeny váhové preference ve spolupráci s provozovatelem dráhy (Pittner, 2018), a to podle tabulky 24.

Tabulka 24: Váhové preference kritérií fáze III

	P1	P2	P3	P4
Kritérium	Kritičnost liniových prvků	Kritičnost bodových prvků	Složitost prvku	Možnost objezdu
Váha kritéria	0,3	0,4	0,1	0,2

Následující text blíže specifikuje jednotlivá kritéria pro analýzu kritičnosti plošných prvků. Ke každému bližšímu představení kritéria je opět nastíněno možné hodnocení jeho *prosté kritičnosti* a představen příklad hodnocení. Přístup ke stanovení hodnot *prosté kritičnosti* byl konzultován s provozovatelem dráhy (Pittner, 2018).

### Kritérium P1: Kritičnost liniových prvků

Každý plošný prvek je tvořen vztahem k minimálně jednomu liniovému prvku (možno i více), jehož zvyšující se kritičnost může zvyšovat kritičnost plošného prvku.

V případě, kdy je plošný prvek tvořen jedním liniovým prvkem, bude **hodnota prosté kritičnosti** tohoto kritéria odpovídat hodnotě *výsledné kritičnosti* daného liniového prvku.

V případě, že je plošný prvek tvořen více než jedním liniovým prvkem, bude hodnota *prosté kritičnosti* tohoto kritéria tvořena hodnotou *výsledné kritičnosti* liniového prvku, jenž má v plošném prvkem nejvyšší *výslednou kritičnost* (hodnota *výsledné kritičnosti* nejkritičtějšího liniového prvku odpovídá hodnotě *prosté kritičnosti* plošného prvku pro toto kritérium).

**Příklad** lze uvést na traťovém úseku Břeclav - Podivín, konkrétně pro stanici Břeclav. Ve vztahu k této stanici má nejkritičtější traťový úsek *výslednou kritičnost* 47,71 %. Hodnota *prosté kritičnosti* stanice Břeclav v tomto kritériu dosahuje této hodnoty.

### Kritérium P2: Kritičnost bodových prvků

V rámci plošného prvku plní svou funkci minimálně dva bodové prvky. Například v případě přejezdu s přejezdovým zabezpečovacím zařízením je jedním prvkem samotné křížení dráhy s pozemní komunikací a druhým samotné zabezpečovací zařízení.

**Hodnota** *prosté kritičnosti* tohoto kritéria je tvořena váženým průměrem hodnot *výsledných kritičností* všech bodových prvků, které v daném plošném prvků plní svou funkci. Váhy se v tomto kroku stanovují podle počtu dependentních prvků ve vztahu ke sledovanému prvků (viz Tabulka 17).

**Příklad** tohoto hodnocení lze opět vyjádřit pro stanici Břeclav. Tabulka 25 představuje vztah výsledné kritičnosti, počtu dependentních prvků a vah pro stanovení váženého průměru *výsledných kritičností*.

Tabulka 25: Příklad stanovení váženého průměru pro kritérium P2

Bodový prvek	Hodnota <i>výsledné kritičnosti</i>	Počet dependentních prvků	Váha pro kritérium P2
Staniční zabezpečovací zařízení	66,22 %	1	0,08
Traťové zabezpečovací zařízení	67,33 %	1	0,08
Dispečerská pracoviště	72,11 %	2	0,17
Prvky výhybkových systémů	43,99 %	1	0,08
Prvky sdělovacích zařízení	57,77 %	1	0,08
Prvky elektrických zařízení	76,11 %	6	0,5

Vážený průměr *výsledných kritičností* všech bodových prvků ve stanici je roven 69,68 %, kdy tato hodnota bude přenesena do *prosté kritičnosti* tohoto kritéria.

### Kritérium P3: Složitost prvku

Každý plošný prvek je složen z dalších liniových a bodových prvků. Rostoucí počet těchto prvků v rámci jednoho plošného prvku může zvyšovat kritičnost sledovaného prvku. Tento fakt je způsoben složitostí systému, kdy podle Egana (2007) rostoucí složitost daného systému může zvyšovat jeho kritičnost.

Složitost plošného prvku v tomto hodnocení odpovídá **hodnotám** *prosté kritičnosti*, které byly konzultovány s provozovatelem dráhy (Pittner, 2018):

- je-li prvek složen nejvýše z 5 bodových a liniových prvků = 20 %;
- je-li prvek složen z 6 bodových a liniových prvků = 40 %;
- je-li prvek složen ze 7 bodových a liniových prvků = 60 %;
- je-li prvek složen z 8 bodových a liniových prvků = 80 %;
- je-li prvek složen z 9 a více bodových a liniových prvků = 100 %.

**Příkladová** stanice Břeclav je složena z 6 bodových prvků a 5 liniových prvků. V tomto kritériu získá tato stanice hodnotu *prosté kritičnosti* 100 %.

#### Kritérium P4: Možnost objezdu

Toto kritérium navazuje na kritérium L3 - Možnost objezdu z analýzy liniových prvků (kapitola 6.3.1). V tomto případě je však hodnoceno strategické umístění plošného prvku v systému železniční dopravy daného regionu nebo kraje. Strategickým umístěním prvku se zabývají například Rinaldi et al. (2001) nebo Novotný et al. (2015a). Toto hodnocení je primárně zaměřeno na výpadek celého plošného prvku.

Z pohledu provozovatele dráhy se v tomto kritériu primárně hodnotí možnost objezdu plošného prvku v rámci jiné trasy. **Hodnoty** *prostých kritičností* tedy odpovídají těmto podmínkám (Pittner, 2018):

- sledovaný plošný prvek má objízdnu trasu, která odpovídá parametrům objížděného úseku - *prostá kritičnost* = 0 %;
- sledovaný prvek nemá objízdnu trasu (tzn., že dopravci musí v případě výpadku využít náhradní silniční dopravu) - *prostá kritičnost* = 100 %.

Pro **příklad** stanice Břeclav neexistuje adekvátní objízdna trasa ve vlastnictví Správy železniční dopravní cesty, státní organizace, a proto tato stanice získá v tomto kritériu hodnotu *prosté kritičnosti* 100 %.

#### Výsledná kritičnost příkladu pro fázi III

Hodnoty *výsledných kritičností* z **příkladu** hodnocení jednotlivých kritérií fáze III definuje tabulka 26.

Tabulka 26: Výsledná míra kritičnosti příkladu fáze III

Kritérium	P1	P2	P3	P4	Σ
<b>Váha</b>	0,3	0,4	0,1	0,2	
<b>Prostá kritičnost</b>	47,71	69,68	100	100	
<b>Vážená kritičnost</b>	14,31	27,87	10	20	<b>72,19</b>

Výsledná kritičnost **příkladové** stanice Břeclav odpovídá hodnotě 72,19 %.

### Stanovení hraniční úrovně kritičnosti fáze III

Stanovení hraniční úrovně kritičnosti, která jasně definuje, které prvky budou určeny jako kritické bodové prvky, proběhlo dle stejného přístupu jako ve fázi I a opět v konzultaci s provozovatelem dráhy (Pittner, 2018). Toto stanovení prezentuje tabulka 27.

Tabulka 27: Stanovení hraniční úrovně kritičnosti plošných prvků

Kritérium	P1	P2	P3	P4	$\Sigma$
Váha	0,3	0,4	0,1	0,2	
Úroveň přijatelnosti	49	52,4	20	50	
Hraniční úroveň kritičnosti	14,7	20,96	2	10	47,66

**Hraniční úroveň kritičnosti** pro fázi III je dána výslednou kritičností 47,66 %.

**Příklady** uváděné v těchto kapitolách jsou dále dopočítány v kapitole 6.5.1, jako praktická verifikace navrženého systému.

Součástí elektronické verze práce je také přiložený tabulkový soubor, který je přednastaven pro výpočet kritičnosti prvků železniční infrastruktury podle výše uvedeného navrhovaného systému.

## 6.4 Upravitelnost systému určování kritických prvků

Navrhovaný systém určování kritických prvků železniční dopravy, tak jak byl představen výše, lze upravit pro různé potřeby bezpečnostních pracovníků různých hodnotitelů. Těmi mohou být provozovatele dráhy, drážní dopravy i další hodnotitelé.

Primárně se bude jednat o úpravy hodnocení *prostých kritičností*, které často odpovídají jistému subjektivnímu pohledu hodnotitele. Je však potřeba zachovat v tomto hodnocení základní vztah *prosté kritičnosti* (tj., že *prostá kritičnost* každého kritéria odpovídá procentuální sazbě, která vyjadřuje, na kolik se hodnota daného kritéria blíží pomyslné nejvyšší možné kritičnosti). Taktéž je možné v jednotlivých kritériích upravit přístup, podle kterého je *prostá kritičnost* hodnocena (např. kritérium L2 - Výkon dopravy může z hodnocení počtu spojů za den přejít na hodnocení počtu spojů za delší časový úsek, např. měsíc nebo rok).

Úpravy navrhovaného systému se také mohou týkat změn jednotlivých kritérií, nebo případně přidáním kritéria do hodnocení dané fáze. V tomto případě je nutné



přepočítat váhové preference, které mohou být upraveny i bez změny jednotlivých kritérií (podle subjektivního pohledu hodnotitele). Váhové preference lze stanovit například pomocí Fullerovy metody párového srovnání (Olivková, 2011; Šenovský, 2015).

Všechny úpravy systému by měl provádět odborník znalý daného systému, a to s ohledem na účel využití systému a s ohledem na možnosti dostupných dat hodnotitele. Taktéž je potřeba si uvědomit, že nelze srovnávat *výslednou kritičnost* podle původního návrhu a *výslednou kritičnost* podle upraveného systému.

## 6.5 Praktická verifikace systému určování kritických prvků

Pro potřeby verifikace navrhovaného systému určování kritických prvků železniční dopravy formou případové studie byla vybrána železniční stanice Břeclav a její blízké okolí. Detailněji bude případová studie zaměřena na traťový úsek mezi městy Břeclav a Podivín (částečně byl tento příklad naznačen už v kapitole 6.3, která představovala jednotlivá kritéria hodnocení kritických prvků) a mezi městy Břeclav a Moravská Nová Ves. Data do této případové studie poskytl provozovatel dráhy (Pittner, 2018). Tato případová studie respektuje všech šest kroků procesu určování (viz kapitola 6.2).

### 6.5.1 Případová studie 1: Traťový úsek Břeclav - Podivín

Prvním blíže posuzovaným traťovým úsekem pro určení kritických prvků je traťový úsek, který spojuje města Břeclav a Podivín.

#### Krok 1: Vymezení zájmového území

Jedná se o vzdálenost 11 km na trati číslo 250. Vlastníkem této trati je státní organizace Správa železniční dopravní cesty.

#### Krok 2: Identifikace klíčových prvků

Na vymezeném traťovém úseku byly identifikovány tyto klíčové prvky:

- liniové prvky:
  - mezistaniční úsek Břeclav - Podivín (LP1);
- bodové prvky:
  - staniční zabezpečovací zařízení stanice Břeclav (BP1);
  - traťové zabezpečovací zařízení pro území stanice Břeclav (BP2);
  - dispečerské pracoviště ve stanici Břeclav (BP3);
  - prvky výhybkových systémů stanice Břeclav (BP4);
  - prvky sdělovacích zařízení stanice Břeclav (BP5);
  - prvky elektrických zařízení stanice Břeclav (BP6);

- zastávka Ladrná (BP7);
- staniční zabezpečovací zařízení stanice Podivín (BP8);
- traťové zabezpečovací zařízení pro území stanice Podivín (BP9);
- prvky výhybkových systémů stanice Podivín (BP10);
- prvky sdělovacích zařízení stanice Podivín (BP11);
- prvky elektrických zařízení stanice Podivín (BP12);
- přejezd ve stanici Podivín (BP13);
- přejezdové zabezpečovací zařízení přejezdu ve stanici Podivín (BP14);
- plošné prvky:
  - železniční stanice Břeclav (PP1);
  - železniční stanice Podivín (PP2);
  - přejezd ve stanici Podivín (PP3).

### Krok 3: Analýza kritičnosti prvků

Samotná analýza kritičnosti prvků železniční infrastruktury tohoto traťového úseku probíhá ve třech fázích:

- fáze I: Analýza kritičnosti liniových prvků;
- fáze II: Analýza kritičnosti bodových prvků;
- fáze III: Analýza kritičnosti plošných prvků.

#### Fáze I: Analýza kritičnosti liniových prvků

Identifikovaný liniový prvek LP1 byl ohodnocen přes všechna kritéria fáze I. Toto hodnocení prezentuje tabulka 28.

Tabulka 28: Analýza kritičnosti liniových prvků úseku trati Břeclav-Podivín

Kritérium	L1 Význam dráhy	L2 Výkon dopravy	L3 Možnost objezdu	L4 Rizika dráhy	$\Sigma$
<b>Váha kritéria</b>	0,1	0,4	0,3	0,2	
<b>Prostá kritičnost</b>	100	80	0	28,57	
<b>Vážená kritičnost</b>	10	32	0	5,71	47,71

Hodnocený traťový úsek dosahuje *výsledné kritičnosti* 47,71 %.

#### Fáze II: Analýza kritičnosti bodových prvků

Identifikované bodové prvky BP1-BP14 byly v tomto kroku hodnoceny všemi kritérii fáze II. Toto hodnocení prezentuje tabulka 29.

Tabulka 29: Analýza kritičnosti bodových prvků traťového úseku Břeclav-Podivín

Prvek	<b>Prostá kritičnost</b>				<b>Výsledná kritičnost</b>
	<b>B1 Kritičnost liniového prvku</b>	<b>B2 Vliv a závislost prvku</b>	<b>B3 Nahraditelnost prvku</b>	<b>B4 Rizika prvku</b>	
<b>Váha kritéria</b>	<i>0,1</i>	<i>0,4</i>	<i>0,3</i>	<i>0,2</i>	
<b>BP1</b>	47,71	50	90	72,22	<b>66,22</b>
<b>BP2</b>	47,71	50	90	77,78	<b>67,33</b>
<b>BP3</b>	47,71	60	100	66,67	<b>72,11</b>
<b>BP4</b>	47,71	30	50	61,11	<b>43,99</b>
<b>BP5</b>	47,71	40	90	50	<b>57,77</b>
<b>BP6</b>	47,71	70	100	66,67	<b>76,11</b>
<b>BP7</b>	47,71	20	20	50	<b>28,77</b>
<b>BP8</b>	47,71	50	90	72,22	<b>66,22</b>
<b>BP9</b>	47,71	50	90	77,78	<b>67,33</b>
<b>BP10</b>	47,71	30	50	61,11	<b>43,99</b>
<b>BP11</b>	47,71	40	90	50	<b>57,77</b>
<b>BP12</b>	47,71	70	100	66,67	<b>76,11</b>
<b>BP13</b>	47,71	20	10	38,89	<b>23,55</b>
<b>BP14</b>	47,71	50	50	55,56	<b>50,88</b>

Všechny bodové prvky prošly hodnocením přes veškerá kritéria. Jejich výsledné kritičnosti uvádí tabulka 29 (poslední sloupec).

### Fáze III: Analýza kritičnosti plošných prvků

Identifikované plošné prvky PP1, PP2 a PP3 byly v tomto kroku hodnoceny všemi kritérii fáze III. Toto hodnocení prezentuje tabulka 30.

Tabulka 30: Analýza kritičnosti plošných prvků traťového úseku Břeclav-Podivín

Prvek	Prostá kritičnost				Výsledná kritičnost
	P1 Kritičnost liniových prvků	P2 Kritičnost bodových prvků	P3 Složitost prvku	P4 Možnost objezdu	
<b>Váha kritéria</b>	0,3	0,4	0,1	0,2	
<b>PP1</b>	47,71	69,68	100	100	<b>72,19</b>
<b>PP2</b>	47,71	63,86	80	0	<b>47,86</b>
<b>PP3</b>	47,71	37,22	20	0	<b>31,20</b>

Železniční stanice Břeclav dosahuje výsledné kritičnosti 72,19 %, stanice Podivín 47,86 % a přejezd ve stanici Podivín pak 31,20 %.

#### Krok 4: Komparace s hraniční úrovní kritičnosti

Pro jednotlivé fáze hodnocení byly stanoveny tyto hraniční úrovně kritičnosti (viz kapitola 6.3):

- pro bodové prvky: hraniční úroveň kritičnosti = 52,4 %;
- pro liniové prvky: hraniční úroveň kritičnosti = 49 %;
- pro plošné prvky: hraniční úroveň kritičnosti = 47,66 %.

#### Krok 5: Určení kritických prvků

V rámci hodnocení **liniových prvků** má hodnocený traťový úsek úroveň kritičnosti 47,71 %. Tato hodnota nepřekračuje hraniční úroveň kritičnosti (tj. 49 %), proto tento traťový úsek není označen jako kritický liniový prvek.

Při hodnocení **bodových prvků** překročily hraniční úroveň kritičnosti tyto prvky:

- staniční zabezpečovací zařízení stanice Břeclav (BP1);
- traťové zabezpečovací zařízení pro území stanice Břeclav (BP2);
- dispečerské pracoviště ve stanici Břeclav (BP3);
- prvky sdělovacích zařízení stanice Břeclav (BP5);
- prvky elektrických zařízení stanice Břeclav (BP6);
- staniční zabezpečovací zařízení stanice Podivín (BP8);
- traťové zabezpečovací zařízení pro území stanice Podivín (BP9);
- prvky sdělovacích zařízení stanice Podivín (BP11);
- prvky elektrických zařízení stanice Podivín (BP12).

Tyto prvky jsou určeny jako kritické bodové prvky sledovaného traťového úseku.

Pro **plošné prvky** byla stanovena hraniční úroveň kritičnosti 47,66 %. Tuto hranici překročil pouze prvek PP1 (stanice Břeclav), který je tímto určen jako kritický plošný prvek sledovaného traťového úseku.

### **Krok 6: Ochrana kritických prvků**

Pro určené kritické prvky sledované tratě je potřeba stanovit adekvátní opatření na ochranu prvků. Po dokončení realizace navrhovaných opatření je možné hodnocení kritických prvků zopakovat a zjistit tak stav kritických prvků v návaznosti na realizovaná opatření.

#### **6.5.2 Případová studie 2: Traťový úsek Břeclav - Moravská nová ves**

Druhým blíže posuzovaným traťovým úsekem pro určení kritických prvků je traťový úsek, který spojuje města Břeclav a Moravská Nová Ves.

### **Krok 1: Vymezení zájmového území**

Jedná se o vzdálenost 11 km na trati číslo 330. Vlastníkem této tratě je opět státní organizace Správa železniční dopravní cesty.

### **Krok 2: Identifikace klíčových prvků**

Na vymezeném traťovém úseku byly identifikovány tyto klíčové prvky:

- liniové prvky:
  - mezistaniční úsek Břeclav - Moravská Nová Ves (LP2);
- bodové prvky:
  - staniční zabezpečovací zařízení stanice Břeclav (BP1);
  - traťové zabezpečovací zařízení pro území stanice Břeclav (BP2);
  - dispečerské pracoviště ve stanici Břeclav (BP3);
  - prvky výhybkových systémů stanice Břeclav (BP4);
  - prvky sdělovacích zařízení stanice Břeclav (BP5);
  - prvky elektrických zařízení stanice Břeclav (BP6);
  - Hrušky zastávka (BP15);
  - staniční zabezpečovací zařízení stanice Moravská Nová Ves (BP16);
  - traťové zabezpečovací zařízení pro stanici Moravská Nová Ves (BP17);
  - prvky výhybkových systémů stanice Moravská Nová Ves (BP18);
  - prvky sdělovacích zařízení stanice Moravská Nová Ves (BP19);
  - prvky elektrických zařízení stanice Moravská Nová Ves (BP20);
- plošné prvky:
  - železniční stanice Břeclav (PP1);
  - železniční stanice Moravská Nová Ves (PP4).

### Krok 3: Analýza kritičnosti prvků

Samotná analýza kritičnosti prvků železniční infrastruktury tohoto traťového úseku probíhá ve třech fázích:

- fáze I: Analýza kritičnosti liniových prvků;
- fáze II: Analýza kritičnosti bodových prvků;
- fáze III: Analýza kritičnosti plošných prvků.

#### Fáze I: Analýza kritičnosti liniových prvků

Identifikovaný liniový prvek LP2 projde hodnocením přes všechna kritéria fáze I. Toto hodnocení prezentuje tabulka 31.

Tabulka 31: Analýza kritičnosti liniových prvků traťového úseku Břeclav-Moravská Nová Ves

Kritérium	L1 Význam dráhy	L2 Výkon dopravy	L3 Možnost objezdu	L4 Rizika dráhy	$\Sigma$
<b>Váha kritéria</b>	0,1	0,4	0,3	0,2	
<b>Prostá kritičnost</b>	100	75	0	38,1	
<b>Vážená kritičnost</b>	10	32	0	5,71	47,62

Hodnocený traťový úsek dosahuje výsledné kritičnosti 47,62 %.

#### Fáze II: Analýza kritičnosti bodových prvků

Identifikované bodové prvky BP1-BP6 a prvky BP15-BP20 byly v tomto kroku hodnoceny všemi kritérii fáze II. Toto hodnocení prezentuje tabulka 32.

Tabulka 32: Analýza kritičnosti bodových prvků traťového úseku Břeclav-Moravská Nová Ves

Prvek	Prostá kritičnost				Výsledná kritičnost
	B1 Kritičnost liniového prvku	B2 Vliv a závislost prvku	B3 Nahraditelnost prvku	B4 Rizika prvku	
<b>Váha kritéria</b>	0,1	0,4	0,3	0,2	
<b>BP1</b>	47,62	50	90	72,22	<b>66,21</b>
<b>BP2</b>	47,62	50	90	77,78	<b>67,32</b>
<b>BP3</b>	47,62	60	100	66,67	<b>72,10</b>

<b>BP4</b>	47,62	30	50	61,11	<b>43,98</b>
<b>BP5</b>	47,62	40	90	50	<b>57,76</b>
<b>BP6</b>	47,62	70	100	66,67	<b>76,10</b>
<b>BP15</b>	47,62	20	20	50	<b>28,76</b>
<b>BP16</b>	47,62	50	90	72,22	<b>66,21</b>
<b>BP17</b>	47,62	50	90	77,78	<b>67,32</b>
<b>BP18</b>	47,62	30	50	61,11	<b>43,98</b>
<b>BP19</b>	47,62	40	90	50	<b>57,76</b>
<b>BP20</b>	47,62	70	100	66,67	<b>76,10</b>

Všechny bodové prvky prošly hodnocením přes veškerá kritéria. Jejich výsledné kritičnosti uvádí tabulka 32 (poslední sloupec).

### Fáze III: Analýza kritičnosti plošných prvků

Identifikované plošné prvky PP1 a PP4 byly v tomto kroku hodnoceny všemi kritérii fáze III. Toto hodnocení prezentuje tabulka 33.

Tabulka 33: Analýza kritičnosti plošných prvků traťového úseku Břeclav- Moravská Nová Ves

Prvek	Prostá kritičnost				Výsledná kritičnost
	P1 Kritičnost liniových prvků	P2 Kritičnost bodových prvků	P3 Složitost prvku	P4 Možnost objezdu	
<b>Váha kritéria</b>	0,3	0,4	0,1	0,2	
<b>PP1</b>	47,71	69,68	100	100	<b>72,19</b>
<b>PP4</b>	47,62	69,18	40	0	<b>45,96</b>

Železniční stanice Břeclav dosahuje výsledné kritičnosti 72,19 % a stanice Moravská Nová ves 45,96 %.

### Krok 4: Komparace s hraniční úrovní kritičnosti

Pro jednotlivé fáze hodnocení byly stanoveny tyto hraniční úrovně kritičnosti (viz kapitola 6.3):

- pro bodové prvky: hraniční úroveň kritičnosti = 52,4 %;

- pro liniové prvky: hraniční úroveň kritičnosti = 49 %;
- pro plošné prvky: hraniční úroveň kritičnosti = 47,66 %.

### Krok 5: Určení kritických prvků

V rámci hodnocení **liniových prvků** má hodnocený traťový úsek úroveň kritičnosti 47,62 %. Tato hodnota nepřekračuje hraniční úroveň kritičnosti (tj. 49 %), proto tento traťový úsek není označen jako kritický liniový prvek.

Při hodnocení **bodových prvků** překročily hraniční úroveň kritičnosti tyto prvky:

- staniční zabezpečovací zařízení stanice Břeclav (BP1);
- traťové zabezpečovací zařízení pro území stanice Břeclav (BP2);
- dispečerské pracoviště ve stanici Břeclav (BP3);
- prvky sdělovacích zařízení stanice Břeclav (BP5);
- prvky elektrických zařízení stanice Břeclav (BP6);
- staniční zabezpečovací zařízení stanice Moravská Nová Ves (BP16);
- traťové zabezpečovací zařízení pro stanici Moravská Nová Ves (BP17);
- prvky sdělovacích zařízení stanice Moravská Nová Ves (BP19);
- prvky elektrických zařízení stanice Moravská Nová Ves (BP20).

Tyto prvky jsou určeny jako kritické bodové prvky sledovaného traťového úseku.

Pro **plošné prvky** byla stanovena hraniční úroveň kritičnosti 47,66 %. Tuto hranici překročili pouze stanice Břeclav, která je tímto určena jako kritický plošný prvek sledovaného traťového úseku.

### Krok 6: Ochrana kritických prvků

Pro určené kritické prvky sledované tratě je potřeba stanovit adekvátní opatření na ochranu prvků. Po dokončení realizace navrhovaných opatření je možné hodnocení kritických prvků zopakovat a zjistit tak stav kritických prvků v návaznosti na realizovaná opatření.

#### 6.5.3 Souhrn

Ve dvou výše provedených případových studiích bylo posouzeno nejbližší okolí stanice Břeclav se zaměřením na traťové úseky směr Brno (trať č. 250) a směr Přerov (trať č. 330).

V tomto nejbližším okolí stanice Břeclav byly identifikovány klíčové **liniové prvky** traťový úsek Břeclav - Podivín (LP1) a traťový úsek Břeclav - Moravská Nová Ves (LP2);

Seznam klíčových **bodových prvků** tvoří:

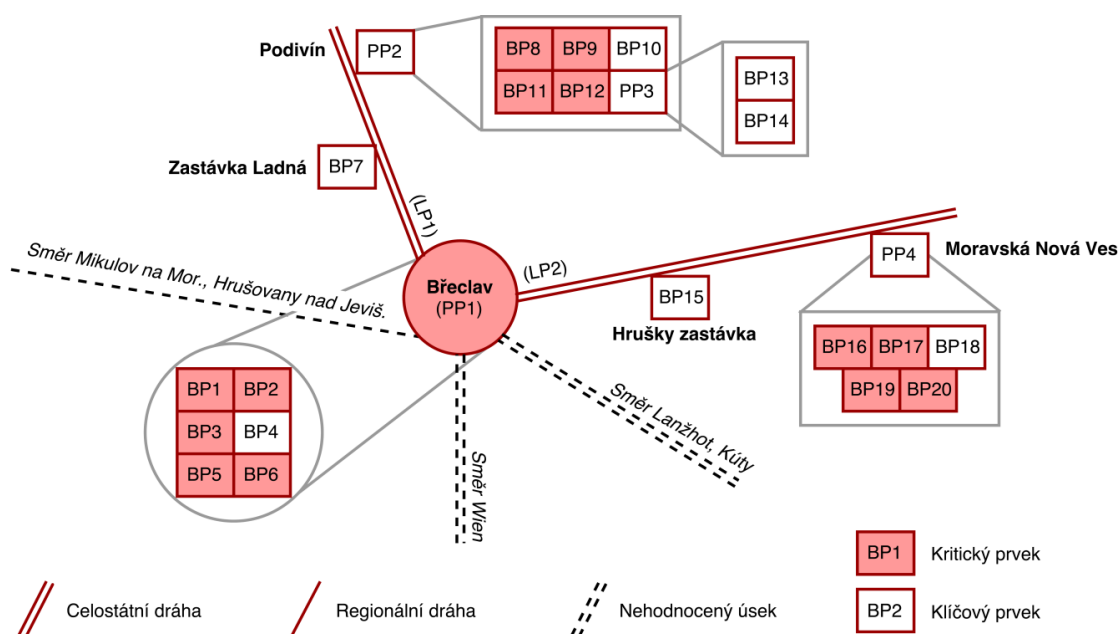
- staniční zabezpečovací zařízení stanice Břeclav (BP1);



- traťové zabezpečovací zařízení pro území stanice Břeclav (BP2);
- dispečerské pracoviště ve stanici Břeclav (BP3);
- prvky výhybkových systémů stanice Břeclav (BP4);
- prvky sdělovacích zařízení stanice Břeclav (BP5);
- prvky elektrických zařízení stanice Břeclav (BP6);
- zastávka Ladvá (BP7);
- staniční zabezpečovací zařízení stanice Podivín (BP8);
- traťové zabezpečovací zařízení pro území stanice Podivín (BP9);
- prvky výhybkových systémů stanice Podivín (BP10);
- prvky sdělovacích zařízení stanice Podivín (BP11);
- prvky elektrických zařízení stanice Podivín (BP12);
- přejezd ve stanici Podivín (BP13);
- přejezdové zabezpečovací zařízení přejezdu ve stanici Podivín (BP14);
- Hrušky zastávka (BP15);
- staniční zabezpečovací zařízení stanice Moravská Nová Ves (BP16);
- traťové zabezpečovací zařízení pro stanici Moravská Nová Ves (BP17);
- prvky výhybkových systémů stanice Moravská Nová Ves (BP18);
- prvky sdělovacích zařízení stanice Moravská Nová Ves (BP19);
- prvky elektrických zařízení stanice Moravská Nová Ves (BP20).

Skupinu klíčových **plošných prvků** pak tvoří železniční stanice Břeclav (PP1), železniční stanice Podivín (PP2), přejezd ve stanici Podivín (PP3) a železniční stanice Moravská Nová Ves (PP4).

Přehled prvků tohoto území, které byly určeny za kritické, prezentuje obrázek 14.



Obrázek 14: Kritické prvky případové studie

## Závěr

Přeprava po železnici představuje v současné době významnou součást života osob a fungování firem. Nejvýznamnějším subjektem pro železniční dopravu je Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, která zodpovídá za bezpečnost a provozuschopnost železniční infrastruktury. Tato infrastruktura sestává z řady liniových, bodových a plošných prvků utvářejících komplexní systém. Avšak některé z těchto prvků mohou být pro daný systém natolik kritické, že v důsledku jejich výpadku může dojít k závažnému narušení funkce celého systému. Na základě toho přináší předkládaná práce základní pohled do zkoumané problematiky a návrh komplexního systému určování kritických prvků v oblasti železniční dopravy.

Analytická část práce přináší přehled současných přístupů k určování kritických prvků v obecných i dopravních systémech a analýzu oblastí pro definování kritérií určování kritických prvků železniční dopravy. Na základě výsledků lze konstatovat, že tyto přístupy jsou funkční a jejich aplikovatelnost je bezproblémová, avšak zohledňují vždy pouze určitá hlediska, kterými jsou nejčastěji dopady, závislost, význam, riziko či zranitelnost daného prvku. Z tohoto důvodu byl stanoven cíl práce, kterým je vytvoření komplexního systému určování kritických prvků v oblasti železniční dopravy.

Stěžejní částí práce je tedy samotný návrh systému určování kritických prvků železniční dopravy. Tento systém je primárně definován pro podmínky používání Správou železniční dopravní cesty, státní organizace, avšak po modifikaci je možno jej využít také pro potřeby dalších subjektů, např. provozovatelů drážní dopravy.

Nosnou bází systému je samotný proces určování kritických prvků, který zohledňuje a respektuje všechny požadavky na železniční dopravní systém. Proces je sestaven ze šesti samostatných kroků, kdy třetím krokem je samotná analýza kritičnosti liniových, bodových i plošných prvků. Kritéria pro toto posouzení byla vytvořena tak, aby vycházela z dostupných dat provozovatele. Každému prvku, který projde tímto hodnocením, je podle váhových preferencí jednotlivých kritérií přiřazena výsledná míra kritičnosti.

Výsledkem celého procesu je určení kritických prvků železniční dopravy daného území nebo jeho části, pro které by následně měla být stanovena opatření na zajištění připravenosti či zvýšení odolnosti prvku. Za kritické jsou určeny ty prvky, jejichž výsledná úroveň kritičnosti překročí stanovenou hraniční úroveň. Určení kritických prvků výrazně podpoří činnosti provozovatele dráhy pro zachování kontinuity činnosti organizace, pro potřeby preventivních opatření a pro potřeby zvyšování odolnosti železniční infrastruktury. Přístup je v závěru návrhové části práce také verifikován formou případové studie pro okolí stanice Břeclav.

Závěrem lze prezentovat přínosy předkládané práce. Teoretický přínos lze spatřovat zejména v nadefinování postupu pro posuzování kritických prvků v systémech. Výraznou částí tohoto postupu jsou také jednotlivá kritéria pro hodnocení kritičnosti prvků. Přínos pro praxi spočívá v nadefinování systému určování kritických prvků v oblasti železniční dopravy. Tento systém je primárně určen pro potřeby nejvýznamnějšího provozovatele dráhy na území České republiky (tj. Správa železniční dopravní cesty, státní organizace) a pro jeho bezpečnostní pracovníky jednotlivých oblastních ředitelství. V navrhovaném systému se primárně odráží požadavky a možnosti tohoto provozovatele. Přínos disertační práce pro vědní obor lze spatřovat v rozšíření rámce současného přístupu k hodnocení kritických prvků dopravních systémů v České republice.

## Bibliografické zdroje

- ALSUBAIE, A., ALUTAIBI, K., MARTI, J.R. 2015. A Methodology for Identifying Critical Components in Physical Infrastructures. *EIC Climate Change Technology Conference 2015*. 10 p. Paper Number 1570044301.
- Analysis of Critical Infrastructures*. 2004. [online] Bonn: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI). [cit. 2017-06-06]. 8 p. Available at: [https://www.bsi.bund.de/DE/Home/home\\_node.html](https://www.bsi.bund.de/DE/Home/home_node.html)
- Analýza hrozeb pro Českou republiku - závěrečná zpráva*. 2015. Schválena usnesením vlády České republiky ze dne 27. dubna 2016 č. 369. 9 s.
- BABABEIK, M., NASIRI, M.M., KHADEMI, N., CHEN, A. 2017. Vulnerability Evaluation of Freight Railway Networks Using a Heuristic Routing and Scheduling Optimization Model. In *Transportation* (2017), pp. 1-28. ISSN 1572-9435. DOI: 10.1007/s11116-017-9815-x
- BECHEROVA, O., HOSKOVA-MAYEROVA, S. 2017. Rail Infrastructure as a Part of Critical Infrastructure. In Čepin and Briš (Eds). *Safety and Reliability – Theory and Application (ESREL 2017)*, pp. 1615-1619. ISBN 978-1-138-62937-0.
- BERNATÍK, A. 2006. *Prevence závažných havárií I*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. 89 s. ISBN 80-866-3489-2.
- Bezpečnostní plán pro vysoce rizikové nebezpečné věci dle 1.10.3.2 RID*. 2011. Praha: Správa železniční dopravní cesty, státní organizace. 15 s.
- Bezpečnostní řád Správy železniční dopravní cesty, státní organizace*. 2013. Praha: Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, Odbor krizového řízení. 23 s. Č. j.: S 20058/2013 – OKŘ.
- Bezpečnostní strategie České republiky*. 2015. Praha: Ministerstvo zahraničních věcí České republiky. Schváleno Vládou České republiky v únoru 2015. 24 s. ISBN 978-80-7441-005-5.
- BINKO, M. 2008. Požadavky na vysokorychlostní železniční systém z pohledu dopravce. *Vědeckotechnický sborník ČD*, č. 25/2008, České dráhy, a.s. 7 s.
- BRABCOVÁ, V., ŘEHÁK, D., SLIVKOVÁ, S., ONDERKOVÁ, V., NEŠPOROVÁ, V. 2017. Příloha č. 1 Závěrečné zprávy projektu SP2017/87 - Hodnocení souvztažností v systému kritické infrastruktury. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství. 116 s.
- BROWN, K.A. 2006. *Critical Path: A Brief History of Critical Infrastructure Protection in the United States*. Washington D.C.: Spectrum Publishing Group. 220 p.

- CEMPÍREK, V., ZÁKOROVÁ, E. 2016. Kvalita osobní železniční přepravy a liberalizace přepravního trhu v České republice. *Vědeckotechnický sborník ČD*, č. 41/2016, České dráhy, a.s. 7 s.
- Critical Infrastructure Interdependencies Assessment*. 2016. In World Security Report, November/December 2016, pp. 8-10. Available at: <http://www.worldsecurity-index.com/>
- České dráhy [online]. 2008. České dráhy, a.s., [cit. 2018-01-02]. Dostupné z: <http://www.ceskedrahy.cz/>
- České dráhy [online]. 2016. ČD, a.s., [cit. 2018-02-12]. Dostupné z: [www.cd.cz](http://www.cd.cz)
- ČSN 34 2600 ed. 2. 2009. *Drážní zařízení – Železniční zabezpečovací zařízení*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 12 s.
- ČSN 34 2650 ed. 2. 2010. *Železniční zabezpečovací zařízení – Přejezdová zabezpečovací zařízení*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 68 s.
- ČSN 37 6605 ed. 2. 2012. *Připojování elektrických zařízení celostátních a regionálních drah a vleček na elektrický rozvod*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 20 s.
- ČSN 73 6201. 2008. *Projektování mostních objektů*. Český normalizační institut. 76 s.
- ČSN 73 6301. 1998. *Projektování železničních drah*. Český normalizační institut. 20 s.
- ČSN 73 6310. 1996. *Navrhování železničních stanic*. Český normalizační institut. 12 s.
- ČSN 73 6380. 2004. *Železniční přejezdy a přechody*. Český normalizační institut. 32 s.
- ČSN EN 50126. 2001. *Drážní zařízení – Stanovení a prokázání bezporuchovosti, pohotovosti, udržitelnosti a bezpečnosti (RAMS)*. Český normalizační institut. 72 s.
- ČSN EN 50128. 2003. *Drážní zařízení – Sdělovací a zabezpečovací systémy a systémy zpracování dat – Software pro drážní řídicí a ochranné systémy*. Český normalizační institut. 98 s.
- ČSN EN 50129. 2003. *Drážní zařízení – Sdělovací a zabezpečovací systémy a systémy zpracování dat – Elektronické zabezpečovací systémy*. Český normalizační institut. 104 s.
- ČSN EN 60812. 2007. *Techniky analýzy bezporuchovosti systémů – Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA)*. Český normalizační institut. 44 s.
- ČSN ISO 31 000. 2010. *Management rizik – Principy a směrnice*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 40 s.
- DINDAR, S., KAEWUNRUEN, S., AN, M., OSMAN, M.H. 2016. Natural Hazard Risks on Railway Turnout Systems. In *Procedia Engineering*, Volume 161, pp. 1254-1259. ISSN 1877-7058. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.08.561

- Dopravní a návěštní předpis D1*. 2013. Praha: Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, Odbor základního řízení provozu. 369 s. Č. j.: 55738/2012-OZŘP.
- Dopravní politika ČR pro období 2014 – 2020 s výhledem do roku 2050*. 2013. Ministerstvo dopravy České republiky. Schváleno usnesením vlády České republiky č. 449 ze dne 12. června 2013. 89 s.
- Drážní inspekce* [online]. 2008. Drážní inspekce [cit. 2017-12-19]. Dostupné z: <http://www.dicr.cz/>
- Drážní úřad* [online]. 2016. Drážní úřad [cit. 2017-12-19]. Dostupné z: <https://www.ducr.cz/cs/>
- DVOŘÁK, Z., ENGLISH, J., HRŮZA, P., KASAL, R., KOPČÁK, P. 2016. *Metodika krizového řízení KISDIS*. Certifikováno Správou železniční dopravní cesty, státní organizace. Praha: Anakan, s.r.o. 100 s.
- DVOŘÁK, Z., JASENOVEC, J., PETROVIČ, P. 2012. Niektoré aspekty kritickosti kritickéj infraštruktúry v sektore doprava. In: *17. medzinárodná vedecká konferencia Riešenie krízových situácií v špecifickom prostredí*. Žilina: Žilinská univerzita v Žilíně, s. 93-99. ISBN 978-80-554-0535-3.
- DVOŘÁK, Z., LUSKOVÁ, M. 2012. Možnosti hodnotenia železničných staníc v kontexte kritickéj infraštruktúry. In: *17. medzinárodná vedecká konferencia Riešenie krízových situácií v špecifickom prostredí*. Žilina: Žilinská univerzita v Žilíně, s. 101-108. ISBN 978-80-554-0535-3.
- DVOŘÁK, Z., SOUČEK, R., SVENTEKOVÁ, E., LEITNER, B., ČIŽLÁK, M. 2010. *Riadenie rizík v železničnej doprave*. Pardubice: Institut Jana Pernera, o.p.s. 286 s. ISBN 978-80-86530-71-0.
- DVOŘÁK, Z., SVENTEKOVÁ, E., ŘEHÁK, D., ČEKEREVAC, Z. 2017. Assessment of Critical Infrastructure Elements in Transport. *10th International Scientific Conference Transbaltica 2017: Transportation Science and Technology*. Procedia Engineering 2017, Vol. 187, pp. 548-555.
- EGAN, M.J. 2007. Anticipating Future Vulnerability: Defining Characteristics of Increasingly Critical Infrastructure-like Systems. *Journal of Contingencies and Crisis Management*. Vol. 5, No. 1, pp. 4-17. DOI: 10.1111/j.1468-5973.2007.00500.x
- FEKETE, A. 2011. *Common Criteria for the Assessment of Critical Infrastructures*. Bonn: Federal Office of Civil Protection and Disaster Assistance. 10 p.
- FUCHS P. et al. 2011. *Dopravní infrastruktura jako prvek kritické infrastruktury státu: hodnocení kritičnosti v ČR*. Košice: Multiprint, s.r.o. Košice. 122 p. ISBN 978-80-89282-56-2.

- FUCHS, P. 2007. *Hodnocení kritičnosti národní infrastruktury*. Praha: Materiály z 28. setkání odborné skupiny pro spolehlivost, s. 38-47.
- GAŠPARÍK, J., KOLÁŘ. J. 2017. *Železniční doprava: technologie, řízení, grafiky a dalších 100 zajímavostí*. Grada Publishing a.s. 432 s. ISBN 978-80-271-9855-9.
- GIANNOPOULOS, G., FILIPPINI, R., SCHIMMER, M. 2012. *Risk Assessment Methodologies for Critical Infrastructure Protection. Part I: A state of the art*. Publications Office of the European Union. 53 p. ISBN 978-92-79-23839-0. DOI: 10.2788/22260
- HOFREITER, L. et al. 2013. *Ochrana objektov kritickej dopravnej infraštruktúry*. 1. vyd. Žilinská univerzita v Žilině / EDIS – vydavateľstvo ŽU v Žilině. 238 s. ISBN 978-80-554-0803-3.
- HRUBAN, I. 2010. *Železniční dopravní infrastruktura a kvalita v dopravě. Vědeckotechnický sborník ČD, č. 29/2010, České dráhy, a.s.* 9 s.
- CHANAS, S., ZIELINSKI, P. 2001. Critical Path Analysis in the Network with Fuzzy Activity Times. *Fuzzy Sets and Systems*. Vol. 122, pp. 195–204. DOI: 10.1016/S0165-0114(00)00076-2
- CHUDÁČEK, J. et al. 2005. *Železniční zabezpečovací technika*. 2. přeprac. a doplň. vyd. Praha: VÚŽ. 145 s.
- JÁČ, J. 2013. *Veřejná správa železniční dopravy, změny v právní úpravě*. [Diplomová práce]. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Právnická fakulta. 100 s.
- JÖNSSON, H., JOHANSSON, J., JOHANSSON, H. 2007. Identifying Critical Components in Technical Infrastructure Networks. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*. Part O: Journal of Risk and Reliability. Vol. 222, No. 2, pp. 235-243. DOI: 10.1243/1748006XJRR138
- KAMENICKÝ, J. 2017. Nejčastější chyby v terminologii spolehlivosti. In *Nejčastější mýty ve spolehlivosti*. Materiály z 66. semináře Odborné skupiny pro spolehlivost, konaného dne 7. 2. 2017 v Praze. Česká společnost pro jakost. 10 s.
- KOCHÁNEK, P. 2012. *Přeprava osob v kontextu návrhu nařízení o právech cestujících v autobusové a autokarové dopravě* [Diplomová práce]. Brno: Masarykova univerzita, Právnická fakulta, Katedra občanského práva. 60 s.
- KOMÍNEK, M. et al. 2006. *Metodický postup pro určení a zhodnocení kritických prvků silniční infrastruktury v ČR a jejich rizik*. Metodická příručka pro veřejnou správu. Praha: CityPlan, spol. s r.o. 103 s.
- Komplexní strategie České republiky k řešení problematiky kritické infrastruktury*. 2009. Praha: Ministerstvo vnitra - Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky. 11 s.

- Koncepce ochrany obyvatelstva do roku 2013 s výhledem do roku 2020* schválená usnesením vlády č. 165 ze dne 25. února 2008. 2008. Praha: Ministerstvo vnitra - Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky. 16 s.
- KONOPÁČ, T. 2013. Řízení železniční dopravy – 2. část. In *Silnice, železnice*. (8) 2013, ISSN 1803-8441.
- LAVRENZ, S. 2011. *Planning Tools for Evaluating Transportation Network Resiliency*. National Infrastructure Institute - Center for Infrastructure Expertise, Great Britain: Portsmouth. 27 p.
- LEITNER, B., MÔCOVÁ, L., HROMADA, M. 2017. A new Approach to Identification of Critical Elements in Railway Infrastructure. *10th International Scientific Conference Transbaltica 2017: Transportation Science and Technology*. Procedia Engineering 2017, Vol. 187, pp. 143-149.
- LUIJF, E., BURGER, H., KLAVER, M. 2003. Critical Infrastructure Protection in the Netherlands. In *U.E. Gattiker (Ed.), EICAR Conference Best Paper Proceedings*. 19 p. ISBN 87-987271-2-5.
- LUKÁŠ, L. 2013. *Metodika hodnocení odolnosti vybraných prvků a systému prvků kritické infrastruktury*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky, Ústav bezpečnostního inženýrství. 75 s.
- Multi-criteria Analysis: a manual*. 2009. London: Department for Communities and Local Government. 168 p. ISBN 978-1-4098-1023-0.
- Národní program ochrany kritické infrastruktury*. 2009. Praha: Ministerstvo vnitra - Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky. 8 s.
- Nařízení komise (ES) č. 851/2006 ze dne 9. června 2006, kterým se stanoví obsah jednotlivých položek účtové osnovy uvedené v příloze I nařízení Rady (EHS) č. 1108/70.
- Nařízení vlády č. 133/2005 Sb. ze dne 9. března 2005 o technických požadavcích na provozní a technickou propojenost evropského železničního systému, ve znění pozdějších předpisů.
- Nařízení vlády č. 432/2010 Sb. ze dne 22. prosince 2010 o kritériích pro určení prvku kritické infrastruktury, ve znění pozdějších předpisů.
- Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (KRITIS-Strategie)*. 2009. Berlin: Bundesministerium des Innern, 18 s. BMI09324.
- NEŠPOROVÁ, V., SLIVKOVÁ, S., ŘEHÁK, D. 2016. Identifikace kritických prvků ve vybraných oblastech. In *21. medzinárodná vedecká konferencia Riešenie krízových situácií v špecifickom prostredí*. Žilina: Žilinská univerzita v Žilině, s. 439-446. ISBN 978-80-554-1213-9.



- NOVOTNÝ, P. 2017. *Určování regionálních subjektů a prvků kritické infrastruktury*. [Disertační práce]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství. 147 s.
- NOVOTNY, P., MARKUCI, J., REHAK, D., ALMARZOUQI, I., JANUSOVA, L. 2016. Critical Infrastructure Designation in European Union Countries: Implementation of Systems Approach. In: *Komunikácie* 18 (2), pp. 163-169.
- NOVOTNY, P., MARKUCI, J., TITKO, M., SLIVKOVA, S., REHAK, D. 2015a. Practical Application of a Model for Assessing the Criticality of Railway Infrastructure Elements. *TRANSACTIONS of the VŠB – Technical University of Ostrava, Safety Engineering Series*, Ostrava, Volume X, No. 2, pp. 26-32. ISSN 1805-3238. DOI: 10.1515/tvsbses-2015-0010
- NOVOTNY, P., MARKUCI, J., TITKO, M. 2015b. Návrh modelu pro posuzování kritičnosti prvků železniční infrastruktury. In: *Sborník příspěvků z konference Mladá věda 2015*. Žilina: Žilinská univerzita v Žilině, pp. 161-166. ISBN 978-80-554-1103-3.
- OLIVKOVÁ, I. 2011. Aplikace metod vícekritériálního rozhodování při hodnocení kvality veřejné dopravy. *Perner's Contacts*. Ročník 6., Číslo IV., pp. 293-303. ISSN 1801-674X.
- Organizační řád Správy železniční dopravní cesty*. 2017. Praha: Správa železniční dopravní cesty, státní organizace. Generální ředitelství, Odbor personální. 29. s. Č. j.: S 26674/2017 – SŽDC – GŘ – O10, ve znění pozdějších změn.
- PIDHANIUK, L. 2017. [osobní sdělení]. Ministerstvo vnitra - Generální ředitelství hasičského záchranného sboru ČR, oddělení civilní nouzové připravenosti. Sděleno 16. března 2017.
- PITTNER, R. 2018. [osobní sdělení]. Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, Generální ředitelství, Odbor bezpečnosti a krizového řízení. Sděleno 24. ledna 2018.
- Prediktivní analýzy spolehlivosti a možnosti jejich využití I*. 2015. Sborník přednášek 60. semináře odborné skupiny pro spolehlivost pořádaný výborem Odborné skupiny pro spolehlivost. Brno: Česká společnost pro jakost. 47 s. ISBN 978-80-7231-965-7.
- Prediktivní analýzy spolehlivosti a možnosti jejich využití II*. 2016. Sborník přednášek 63. semináře odborné skupiny pro spolehlivost pořádaný výborem Odborné skupiny pro spolehlivost. Brno: Česká společnost pro jakost. 58 s. ISBN 978-80-7231-469-0.

- Prohlášení o dráze celostátní a regionální. Platné pro přípravu jízdního řádu 2018 a pro jízdní řád 2018 ve znění změny č. 1/2017, rozhodnutí Drážního úřadu čj. DUCR-33628/17/Kj a změny č. 2/2017.* 2016. Praha: Správa železniční dopravní cesty, státní organizace. 258 s. Č. j.: S 46755/2016-SŽDC-012.
- PROCHÁZKOVÁ, D. 2012. *Bezpečnost kritické infrastruktury*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze. 318 s. ISBN 978-80-01-05103-0.
- Protecting Critical Infrastructures-Risk and Crisis Management.* 2008. A Guide for Companies and Government Authorities. Berlin: Federal Ministry of the Interior of Germany. 88 p. BMI08316.
- Předpis pro hlášení a šetření mimořádných událostí.* 2017. Praha: Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, Odbor systému bezpečnosti provozování dráhy. 44 s. Č. j.: S14104/2017-SŽDC-GR-018.
- Předpis pro organizování a provozování drážní dopravy D2.* 1997. Praha: Správa železniční dopravní cesty, státní organizace. 356 s. Č. j.: 55079/97-011, ve znění pozdějších změn.
- Předpis pro řízení drážní dopravy na tratích vybavených radioblokem.* 2016. Praha: Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, Odbor základního řízení provozu. 63 s. Č. j.: S 16074/2016-SŽDC-012.
- PUPÍKOVÁ, J., ROSTEK, P. 2013. The Applicability of Methods and Tools for Assessing the Criticality of Elements of the Road Infrastructure. In *MMK 2013*. Vol. 4, pp. 1155-1165. ISBN 978-80-87952-00-9.
- RAICU, R., TAYLOR, M.A.P. 2006. Assessing Rail Transport Network Performance and Reliability. In *WIT Transactions on The Built Environment*. Computers in Railways X, Vol. 88. 10 p. DOI: 10.2495/CR060081
- RESTEL, F.J. 2015. The Markov Reliability and Safety Model of the Railway Transportation System. In: *Safety and Reliability: Methodology and Applications – Nowakowski et al. (Eds)*. Taylor & Francis Group, London, pp. 303-311. ISBN 978-1-138-02681-0.
- RINALDI, S.M., PEERENBOOM, J.P., KELLY, T.K. 2001. Identifying, Understanding and Analyzing Critical Infrastructure Interdependencies. *IEEE Control Systems Magazine*, Vol. 21, No. 6, pp. 11-25. ISSN 1066-033X. DOI: 10.1109/37.969131
- ROBINSON C.P., WOODARD J.B., VARNADO S.G. 1998. Critical Infrastructure: Interlinked and Vulnerable. In: *Issues Sci Technol* 15, pp. 61–68.

- ROSIŃSKI, A. 2015. Reliability-Exploitation Analysis of Power Supply in Transport Telematics System. In: *Safety and Reliability: Methodology and Applications – Nowakowski et al. (Eds)*. Taylor & Francis Group, London, pp. 343-347. ISBN 978-1-138-02681-0.
- ROSTEK, P., MARKUCI, J., ADAMEC, V. 2014. Problematika závislostí při posuzování kritičnosti prvku infrastruktury. *The science for population protection*. 12 s.
- ŘEHÁK, D., HROMADA, M., ŠENOVSKÝ, P., KROČOVÁ, Š., APELTAUER, T., PIDHANIUK, L. 2016a. *Souhrn způsobů hodnocení kvality a odolnosti infrastruktury*. Závěrečná zpráva k veřejné zakázce Úřadu vlády České republiky. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství. 120 s.
- ŘEHÁK, D., MARKUCI, J., HROMADA, M., BARČOVÁ, K. 2016b. Quantitative Evaluation of the Synergistic Effects of Failures in a Critical Infrastructure System. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, Vol. 14, pp. 3-17. ISSN 1874-5482. DOI: 10.1016/j.ijcip.2016.06.002
- ŘÍHA, Z., DVOŘÁK, Z. 2013. Teoretický aparát na určování prvků kritické infrastruktury v sektoru doprava. In: *Silnice Železnice*. 10 s. ISSN 1803-8441.
- SLIVKOVÁ, S. 2015. *Bezpečnostní plán železniční přepravy nebezpečných látek*. [Diplomová práce]. Ostrava: Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství. 72 s.
- SLIVKOVÁ, S., ŘEHÁK, D., BRABCOVÁ, V., NEŠPOROVÁ, V., DOPATEROVÁ, M., NOVOTNÝ, P. 2016. *Příloha č. 1 Závěrečné zprávy projektu SP2016/99 - Definování resilience systému kritické infrastruktury*. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství. 129 s.
- Směrnice Evropského parlamentu a rady č. 2004/49/ES ze dne 29. dubna 2004 o bezpečnosti železnic Společenství a o změně směrnice Rady 95/18/ES o vydávání licencí železničním podnikům a směrnice 2001/14/ES o přidělování kapacity železniční infrastruktury, zpoplatnění železniční infrastruktury a o vydávání osvědčení o bezpečnosti (Směrnice o bezpečnosti železnic). 37 s.
- Směrnice Evropského parlamentu a rady č. 2012/34/EU ze dne 21. listopadu 2012 o vytvoření jednotného evropského železničního prostoru. 73 s.
- Směrnice Rady č. 2008/114/ES ze dne 8. prosince 2008 o určování a označování evropských kritických infrastruktur a o posouzení potřeby zvýšit jejich ochranu. 8 s.
- Směrnice SŽDC č. 59 pro zpracování Plánu krizové připravenosti subjektu kritické infrastruktury. 2012. Praha: Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, Odbor bezpečnosti. 12 s. Č. j.: S 13269/2012 – BEZ.

- Směrnice SŽDC č. 103 Řešení ekologických škodních událostí.* 2013. Praha: Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, odbor provozuschopnosti. 24 s. Č. j.: S 18759/2013-OP.
- Směrnice SŽDC č. 112 Plnění povinností provozovatele železniční infrastruktury podle RID.* 2014. Praha: Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, Odbor bezpečnosti a krizového řízení. 21 s. Č. j.: S 48512/2014-030.
- SOUŠEK, R. et al. 2010. *Doprava a krizový management.* Pardubice: Institut Jana Pernera, o.p.s. 260 s. ISBN 978-80-86530-64-2.
- SOUŠEK, R., KOPČÁK, P. 2004. *Krizové řízení v železniční dopravě.* Pardubice: Institut Jana Pernera, o.p.s. 150 s. ISBN 80-86530-06-X.
- Strategic Framework and Policy Statement on Improving the Resilience of Critical Infrastructure to Disruption from Natural Hazards.* 2010. London: UKCO (United Kingdom Cabinet Office). 26 p.
- STRIEGLER, R. et al. 2012. *Identifikace kritických míst na pozemních komunikacích v extravilánu.* Ministerstvo dopravy České republiky, Centrum dopravního výzkumu, Divize bezpečnosti a dopravního inženýrství. 43 s. Č. j.: 136/2012-520-TPV/1.
- SVENTEKOVÁ, E., LUSKOVÁ, M., DVOŘÁK, Z. 2016. Use of Network Analysis in Conditions of Critical Infrastructure Risk Management. *Proceedings of the 20th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics (WMSCI 2016)*, pp. 247-250.
- SŽDC - Správa železniční dopravní cesty* [online]. 2012. Správa železniční dopravní cesty, státní organizace [cit. 2017-10-30]. Dostupné z: <http://www.szdc.cz/onas.html>
- ŠENOVSKÝ, M., ADAMEC, V., ŠENOVSKÝ, P. 2007. *Ochrana kritické infrastruktury.* Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. 141 s. ISBN 978-80-7385-025-8.
- ŠENOVSKÝ, P. 2015. *Modelování rozhodovacích procesu.* Ostrava: Vysoká škola Báňská - Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství. 4. vydání. 113 s.
- ŠIMÁK, L. et al. 2012. *Ochrana kritické infrastruktury v sektore dopravy.* Žilina: Žilinská univerzita v Žilině/EDIS – vydavatelstvo ŽU, 1. vyd. 182 s. ISBN 978-80-554-0625-1.
- ŠTĚPÁN, O. 2015. Přístupy k prioritě tras vlaků při plánování jízdního řádu. *Vědeckotechnický sborník ČD*, č. 39/2015, České dráhy, a.s. 9 s.
- ŠTĚRBA, R. 2015. Statistika bezpečnosti UIC a EU. *Vědeckotechnický sborník ČD*, č. 40/2015, České dráhy, a.s. 7 s.

- ŠUSTR, J. 2002. Realizace datových přenosů prostřednictvím GSM-R. *Odborné semináře Czech Raildays 2002*. Czech Raildays, Ostrava. 4 s.
- TAYLOR, M., D'ESTE, G. 2003. *Concepts of Network Vulnerability and Applications to the Identification of Critical Elements of Transport Infrastructure*. Australasian Transport Research Forum (ATRF), 26th, Wellington, New Zealand. 15 p.
- Terminologický slovník pojmů z oblasti krizového řízení, ochrany obyvatelstva, environmentální bezpečnosti a plánování obrany státu*. 2016. Ministerstvo vnitra České republiky, Odbor bezpečnostní politiky a prevence kriminality. 129 s.
- THEOHARIDOU, M., KOTZANIKOLAOU, P., GRITZALIS, D. 2009. Risk-Based Criticality Analysis. *International Conference on Critical Infrastructure Protection in Critical Infrastructure Protection III. Proceedings*. Hanover: Third Annual IFIP (International Federation for Information Processing). 15 p.
- TINBERGEN, J. 1962. *Shaping the World Economy, Suggestions for an International Economic Policy*. New York, The Twentieth Century Fund. 242 p.
- TNI 01 0350. 2010. *Management rizik – Slovník (Pokyn 73)*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 20 s.
- VIDRIKOVÁ, D., MACÁŠKOVÁ, E., LAŠOVÁ, L., RAŽDÍK, J. 2010. *Terminologický slovník odborných pojmů pre potreby dopravy v krízových situáciách*. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta špeciálneho inžinierstva. 101 s.
- VINTR, M, VINTROVÁ, L. 2015. Postup analýzy způsobů, důsledků a kritičnosti poruch - Failure Mode, Effects and Criticality Analysis (FME(C)A). In: Materiály z 60. semináře odborné skupiny pro spolehlivost, Brno, pp. 10-21.
- VRIJLING, J.K., GELDER, P., GOOSSENS, L.H.J., VOORTMAN, H.G., PANDEY, M.D. 2004. A Framework for Risk Criteria for Critical Infrastructures: Fundamentals and Case Studies in the Netherlands. *Journal of Risk Research*. Vol. 7 (6), pp. 569-579. DOI: 10.1080/1366987032000081178
- Vyhláška č. 376/2006 Sb. ze dne 17. června 2006 o systému bezpečnosti provozování dráhy a drážní dopravy a postupech při vzniku mimořádných událostí na dráhách, ve znění pozdějších předpisů.
- Vyhláška Ministerstva dopravy č. 100/1995 Sb. ze dne 18. května 1995, kterou se stanoví podmínky pro provoz, konstrukci a výrobu určených technických zařízení a jejich konkretizace (Řád určených technických zařízení), ve znění pozdějších předpisů.
- Vyhláška Ministerstva dopravy č. 173/1995 Sb. ze dne 22. června 1995, kterou se vydává dopravní řád drah, ve znění pozdějších předpisů.

- Vyhláška Ministerstva dopravy č. 177/1995 Sb. ze dne 30. června 1995, kterou se vydává technický a stavební řád drah, ve znění pozdějších předpisů.
- WANG, S.H. 2016. An Analytical Model for Benchmarking the Development of National Infrastructure Items Against those in Similar Countries. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*. Vol. 13, pp. 3-18. ISSN 1874-5482. DOI: 10.1016/j.ijcip.2016.02.002
- ZAHRAVNÍK, J., RÁSTOČNÝ, K. 2006. *Aplikácie zabezpečovacích systémov*. Žilinská univerzita v Žiline/EDIS-vydavateľstvo ŽU. 226 s. ISBN 80-8070-546-1.
- ZAJÍČEK, J. 2007. *Aplikace FMECA při hodnocení rizika dopravní infrastruktury*. Praha: Materiály z 28. setkání odborné skupiny pro spolehlivost, pp 29-37.
- ZANGANI, D., FUGGINI, C. 2012. Towards a New Perspective in Railway Vehicles and Infrastructure. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol. 48, pp. 2351-2360. ISSN 1877-0428. DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.06.1206
- Zákon č. 77/2002 Sb., ze dne 5. února 2002 o akciové společnosti České dráhy, státní organizaci Správa železniční dopravní cesty a o změně zákona č. 266/1994 Sb., o dráhách, ve znění pozdějších předpisů, a zákona č. 77/1997 Sb., o státním podniku, ve znění pozdějších předpisů.
- Zákon č. 183/2006 Sb. ze dne 14. března 2006 o územním plánování a stavebním řádu, ve znění pozdějších předpisů (stavební zákon).
- Zákon č. 194/2010 Sb. ze dne 20. května 2010 o veřejných službách v přepravě cestujících a o změně dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů.
- Zákon č. 239/2000 Sb. ze dne 28. června 2000 o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.
- Zákon č. 240/2000 Sb. ze dne 28. června 2000 o krizovém řízení a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů (krizový zákon).
- Zákon č. 266/1994 Sb. ze dne 14. prosince 1994 o dráhách, ve znění pozdějších předpisů.
- Zákon č. 320/2016 Sb. ze dne 24. srpna 2016 o Úřadu pro přístup k dopravní infrastruktuře, ve znění pozdějších předpisů.
- Zelená kniha o Evropském programu na ochranu kritické infrastruktury*. 2005. Brusel: Komise evropských společenství, KOM(2005). 26 s.
- ZHANG, Z., LI, X., LI, H. 2015. A Quantitative Approach for Assessing the Critical Nodal and Linear Elements of a Railway Infrastructure. In *International Journal of Critical Infrastructure Protection*. Vol. 8, pp. 3-15. DOI: 10.1016/j.ijcip.2014.11.001

**Seznam obrázků**

Obrázek 1: Schéma základního dělení dopravy .....	24
Obrázek 2: Základní vazby v systému železniční dopravy z pohledu SŽDC .....	25
Obrázek 3: Vliv dopravní infrastruktury na kvalitu (Hruban, 2010) .....	29
Obrázek 4: Spektrum kritičnosti (Egan, 2007) .....	49
Obrázek 5: Oblasti determinující, limitující a ovlivňující železniční dopravu .....	57
Obrázek 6: Proces tvorby jízdních řádů .....	64
Obrázek 7: Směr hodnocení prvků .....	72
Obrázek 8: Rámec systému určování kritických prvků v oblasti železniční dopravy ..	73
Obrázek 9: Proces určování kritických prvků v železniční dopravě .....	75
Obrázek 10: Kritéria fáze I analýzy kritičnosti prvků .....	80
Obrázek 11: Kritéria fáze II analýzy kritičnosti prvků .....	86
Obrázek 12: Matice pro hodnocení prosté kritičnosti kritéria B2 .....	89
Obrázek 13: Kritéria fáze III analýzy kritičnosti prvků .....	93
Obrázek 14: Kritické prvky případové studie .....	105

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Analýza rizik vs. analýza kritičnosti (Theoharidou et al., 2009) .....	50
Tabulka 2: Základní požadavky subjektů železniční dopravy .....	60
Tabulka 3: Vztah subjektů železniční dopravy k jednotlivým oblastem dopadů .....	67
Tabulka 4: Příklad přirozených hodnot kritérií pro hodnocené prvky .....	77
Tabulka 5: Příklad hodnot prosté kritičnosti hodnocených prvků .....	77
Tabulka 6: Příklad váhových preferencí kritérií .....	78
Tabulka 7: Příklad hodnot vážených kritičností hodnocených prvků .....	78
Tabulka 8: Příklad výsledných kritičností prvků .....	78
Tabulka 9: Váhové preference kritérií fáze I .....	80
Tabulka 10: Hodnoty prostých kritičností pro kritérium L1 .....	81
Tabulka 11: Bodové hodnocení pro výpočet míry rizika .....	83
Tabulka 12: Kategorie rizika dle výsledné míry rizika .....	84
Tabulka 13: Příklad výpočtu míry rizika a stanovení součtu bodových indexů H .....	84
Tabulka 14: Výsledná míra kritičnosti příkladu fáze I .....	85
Tabulka 15: Stanovení hraniční úrovně kritičnosti liniových prvků .....	85
Tabulka 16: Váhové preference kritérií fáze II .....	87
Tabulka 17: Počty dependentních a influentních prvků pro bodový prvek .....	88
Tabulka 18: Příklad hodnocení prostých kritičností kritéria B2 .....	89
Tabulka 19: Hodnoty prostých kritičností pro kritérium nahraditelnosti B3 .....	90
Tabulka 20: Příklad hodnocení prostých kritičností kritéria B3 .....	90
Tabulka 21: Příklad míry rizik bodových prvků .....	91
Tabulka 22: Výsledná míra kritičnosti příkladu fáze II .....	92
Tabulka 23: Stanovení hraniční úrovně kritičnosti bodových prvků .....	92
Tabulka 24: Váhové preference kritérií fáze III .....	93
Tabulka 25: Příklad stanovení váženého průměru pro kritérium P2 .....	94
Tabulka 26: Výsledná míra kritičnosti příkladu fáze III .....	95
Tabulka 27: Stanovení hraniční úrovně kritičnosti plošných prvků .....	96
Tabulka 28: Analýza kritičnosti liniových prvků úseku trati Břeclav-Podivín .....	98
Tabulka 29: Analýza kritičnosti bodových prvků traťového úseku Břeclav-Podivín .....	99
Tabulka 30: Analýza kritičnosti plošných prvků traťového úseku Břeclav-Podivín .....	100
Tabulka 31: Analýza kritičnosti liniových prvků traťového úseku Břeclav-Moravská Nová Ves .....	102
Tabulka 32: Analýza kritičnosti bodových prvků traťového úseku Břeclav-Moravská Nová Ves .....	102
Tabulka 33: Analýza kritičnosti plošných prvků traťového úseku Břeclav- Moravská Nová Ves .....	103



## **Seznam příloh**

Součástí elektronické verze disertační práce (na přiloženém CD) je tabulkový dokument jako nástroj pro výpočet úrovně kritičnosti prvků (dle kapitoly 6.3).

## Seznam vlastních prací autora

- J<sub>SC</sub> – BRABCOVÁ, V., SLIVKOVÁ, S., ŘEHÁK, D., TOSERONI, F., HAVKO, J. Assessing the Cascading Effect of Energy and Transport Critical Infrastructure Elements: Case Study. In *Communications – Scientific Letters of the University of Žilina*, 2018, Vol. 20, No. 2. ISSN 1335-4205. (Přijato k publikaci) [30 %]
- J<sub>ERIH</sub> – NOVOTNÝ, P., MARKUCI, J., TITKO, M., SLIVKOVÁ, S., ŘEHÁK, D. Practical application of a model for assessing the criticality of railway infrastructure elements. *TRANSACTIONS of the VŠB – Technical University of Ostrava, Safety Engineering Series*, Ostrava, 2015, Vol. 10, No. 2, pp. 26-32. ISSN 1805-3238. DOI: 10.1515/tvsbses-2015-0010 [15 %]
- D<sub>WOS</sub> – ŘEHÁK, D., SLIVKOVÁ, S., BRABCOVÁ, V. Evaluation the resilience of critical infrastructure subsystems. In Čepin and Briš (Eds). *Safety and Reliability – Theory and Application (ESREL)*, 2017, pp. 955-962. ISBN 978-1-138-62937-0. [30 %]
- D<sub>SC</sub> – SLIVKOVÁ, S., ŘEHÁK, D., NEŠPOROVÁ, V., DOPATEROVÁ, M. Correlation of variables determining resilience of critical infrastructure. In *12th international scientific conference of young scientists, Ph.D. students and their tutors (TRANSCOM 2017)*, *Procedia Engineering*, 2017, Vol. 192, pp. 812-817. ISSN 1877-7058. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.06.140 [30 %]
- D – SLIVKOVÁ, S. Východiska hodnocení kritických prvků železniční dopravní infrastruktury. In *Sborník příspěvků z konference Mladá věda 2017 a Mezinárodní konference Bezpečnostní technologie, systémy a management: 15. – 16. listopadu 2017*, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2017. 6 s. ISBN 978-80-7454-696-9. [100 %]
- D – NEŠPOROVÁ, V., DOPATEROVÁ, M., SLIVKOVÁ, S., NOVOTNÝ, P., ŘEHÁK, D. Přístupy k hodnocení kritických prvků území v závislosti na základních lidských potřebách. In: *Sborník příspěvků z XXV. ročníku mezinárodní konference Požární ochrana 2016*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2016, pp. 311-314. ISSN 1803-1803. [20 %]
- D – NEŠPOROVÁ, V., SLIVKOVÁ, S., ŘEHÁK, D. Identifikace kritických prvků ve vybraných oblastech. In: *21. medzinárodná vedecká konferencia Riešenie krízových situácií v špecifickom prostredí*. Žilina: Žilinská univerzita v Žilině, 2016, pp. 439-446. ISBN 978-80-554-1213-9. [45 %]
- D – SLIVKOVÁ, S., MARKUCI, J., NOVOTNÝ, P. Vybraná opatření ochrany obyvatelstva v oblasti železniční přepravy. In: *Sborník příspěvků z XV. ročníku mezinárodní konference Ochrana obyvatelstva 2016*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2016, pp. 142-145. ISSN 1803-7372. [50 %]

- D – SLIVKOVÁ, S. Bezpečnostní plány železniční přepravy nebezpečných látek. In: *Sborník příspěvků z konference Mladá věda 2015*. Žilina: Žilinská univerzita v Žilině, 2015, pp. 200-208. ISBN 978-80-554-1103-3. [100 %]
- D – SLIVKOVÁ, S., TAŠLOVÁ, J., NOVOTNÝ, P. Návrh kritérií kritičnosti prvků železniční dopravní infrastruktury. In: *Sborník příspěvků z XXIV. ročníku mezinárodní konference Požární ochrana 2015*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2015, pp. 291-294. ISSN 1803-1803. [50 %]
- V<sub>SOUHRN</sub> – BRABCOVÁ, V., ŘEHÁK, D., SLIVKOVÁ, S., ONDERKOVÁ, V., NEŠPOROVÁ, V. *Závěrečná zpráva projektu SP 2017/87 „Hodnocení souvztažností v systému kritické infrastruktury“*. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, 2017. 15 s. [20 %]
- V<sub>SOUHRN</sub> – SLIVKOVÁ, S., ŘEHÁK, D., BRABCOVÁ, V., NEŠPOROVÁ, V., DOPATEROVÁ, M., NOVOTNÝ, P. 2016. *Závěrečná zpráva projektu SP 2016/99 „Definování resilience systému kritické infrastruktury“*. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, 2016. 18 s. [20 %]
- V<sub>SOUHRN</sub> – NOVOTNÝ, P., ŘEHÁK, D., MARKUCI, J., SLIVKOVÁ, S., TAŠLOVÁ, J., NEŠPOROVÁ, V. *Závěrečná zpráva projektu SP 2015/140 „Snižování dopadů nefunkčnosti kritických prvků železniční dopravy“*. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, 2015. 60 s. [20 %]